FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE
DE RENNES

THÈSE N° 14

LE JUS DE POMME

CONTRIBUTION
A L'ÉTUDE DE SON UTILISATION DIÉTÉTIQUE

THÈSE

pour le Doctorat d'Université mention Pharmacie
présentée et soutenue publiquement
le 16 Mai 1962

par

TARRAL René
ancien interne en pharmacie des hôpitaux de Paris

Né le 21 Octobre 1921 à FRONTIGNAN (Hérault)

Président du Jury : M. le Doyen — LAMACHE
Membres du Jury : MM. les Professeurs — GRÉGOIRE
DOBY
CALANDRON

imprimerie
m. lescuyer et fils / 139, cours albert-thomas, lyon

1962

LE JUS DE POMME

CONTRIBUTION
A L'ÉTUDE DE SON UTILISATION
DIÉTÉTIQUE

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544724_0002

FACULTÉ MIXTE
DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE RENNES

PROFESSEURS

Clinique Médicale	MM.	LAMACHE *(Doyen de la Faculté)*
Chimie Pharmaceutique		TIOLLAIS *(Assesseur du Doyen)*
Clinique Ophtalmologique		ARDOUIN
Clinique Médicale		BOUREL
Clinique Oto-Rhino-Laryngologique		BOURGUET
Histologie		CHAMBON
Chimie Analytique		CHAUVEL
Anatomie Pathologique	Mme	CHEVREL
Matière Médicale	MM.	CORMIER
Bactériologie et Hygiène		COUTEL
Parasitologie et Zoologie Appliquée		DOBY
Pharmacie Galénique		GRÉGOIRE
Physique		GUELFI
Clinique Chirurgicale		GUIHENEUC
Anatomie		HUARD
Biochimie Appliquée		LE GAC
Biologie Expérimentale		LE GUYON
Clinique des Maladies Infectieuses		LEROY
Pathologie Chirurgicale		MARUELLE
Physiologie		PATAY
Clinique Neuro-Chirurgicale		PECKER
Clinique Chirurgicale		PELLE ABEL
Pathologie Générale et Interne		SAMBRON
Clinique Obstétricale		TOULOUSE
Thérapeutique		VIVIEN

MAITRES DE CONFÉRENCES AGRÉGÉS ET AGRÉGÉS

Ophtalmologie	MM.	CATROS
Chirurgie Générale		DUHAMEL
Thérapeutique		GASTARD
Médecine Générale		GOUFFAULT
Chimie Biologique		JOUAN
Anatomie		LANCHOU
Oto-Rhino-Laryngologie		LIMBOUR
Physiologie		PAULET
Médecine Générale		RICHIER Jean Laurent
Médecine		SABOURAUD
Chirurgie Générale		SOURNIA
Pharmacologie		VAN DEN DRIESSCHE

La Faculté mixte de Médecine et de Pharmacie de Rennes déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE
DE RENNES

THÈSE N° 14

LE JUS DE POMME

CONTRIBUTION
A L'ÉTUDE DE SON UTILISATION DIÉTÉTIQUE

THÈSE

pour le Doctorat d'Université mention Pharmacie
présentée et soutenue publiquement
le 16 Mai 1962

par

TARRAL René
ancien interne en pharmacie des hôpitaux de Paris

Né le 21 Octobre 1921 à FRONTIGNAN (Hérault)

Président du Jury : M. le Doyen LAMACHE
Membres du Jury : MM. les Professeurs GRÉGOIRE
DOBY
CALANDRON

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

imprimerie
m. lescuyer et fils / 139, cours albert-thomas, lyon

1962

A Monsieur le Professeur LAMACHE

Doyen de la Faculté mixte de Médecine
et de Pharmacie de Rennes

qui nous a fait le grand honneur d'accepter la présidence de cette thèse, en témoignage de notre vive reconnaissance.

A Monsieur le Professeur F. GRÉGOIRE

Professeur de Pharmacie galénique et d'hygiène

qui nous a proposé cet intéressant sujet d'étude, et en a guidé la réalisation par ses nombreux conseils, en témoignage de nos sentiments de respectueuse gratitude.

A Monsieur le Professeur CALANDRON

Professeur de Microbiologie et des industries agricoles
à l'Ecole nationale supérieure agronomique de Rennes.

qui nous a prodigué ses conseils et fait bénéficier de sa grande expérience ; en témoignage de nos sentiments de profonde reconnaissance.

A Monsieur le Professeur DOBY

Professeur de Zoologie à la Faculté mixte de Médecine et de Pharmacie de Rennes.

qui nous a fait l'honneur de bien vouloir juger notre travail.

A Monsieur le Docteur G. GIRON

qui a mis à notre disposition ses compétences en matière de documentation et son expérience diététique, en témoignage de notre sympathique reconnaissance.

A la mémoire de

MADAME LUCIE RANDOIN

Commandeur de la Légion d'Honneur,
Membre de l'Académie Nationale de Médecine,
Directeur de l'Institut Scientifique d'Hygiène Alimentaire.

A MONSIEUR J.-P. BRUN

Chef de Laboratoire
à l'Institut Scientifique d'Hygiène Alimentaire.

qui nous ont fait bénéficier de leurs conseils et de leurs hautes compétences.

A Monsieur CARRAZ

Chef de service à l'Institut Pasteur de Lyon,
Chef de travaux de la chaire de bactériologie
de la Faculté mixte de Médecine et de Pharmacie
de Lyon.

que nous remercions d'avoir bien voulu nous ouvrir son laboratoire et nous faire bénéficier de sa longue expérience dans le domaine de la bactériologie alimentaire.

A Mademoiselle M. MESNIER

moniteur de la chaire de bactériologie de la Faculté
mixte de Médecine et de Pharmacie de Lyon.

qui nous a apporté une aide précieuse dans la réalisation matérielle de notre travail bactériologique.

A nos Maîtres de la Faculté de Pharmacie
de Paris

A nos Maîtres de l'Internat en Pharmacie
des Hôpitaux de Paris

en témoignage de notre reconnaissance.

Meis et Amicis

le jus de pomme

CONTRIBUTION
A L'ÉTUDE DE SON UTILISATION
DIÉTÉTIQUE

INTRODUCTION

L'approche des problèmes posés par les jus de fruits ne manque pas de réserver quelque surprise au chercheur français.

Dès ses premières investigations, il lui est, en effet, révélé l'importance qu'a prise dans le monde, depuis ces trente dernières années, la jeune industrie des jus de fruits, seulement connue en France d'un petit groupe de spécialistes et de professionnels.

Aux Etats-Unis, plus de la moitié de la récolte fruitière est transformée en jus. Sans être aussi avancés dans cette voie, de nombreux pays étrangers (Allemagne, Suisse, Canada, Italie, Autriche, Union Sud-Africaine, Australie, certaines nations d'Amérique Centrale) possèdent des industries de jus de fruits en plein développement comparativement auxquelles l'industrie française, bien que comptant un certain nombre d'usines outillées de façon moderne, paraît en retard.

C'est pourtant en France que l'industrie des jus de fruits trouva ses origines vers les années 1910 avec les premiers essais de pasteurisation réalisés par les pionniers de l'antialcoolisme constructif comme Alindret, Challand, Gachot.

Cependant, malgré cette incontestable antériorité, notre consommation de jus de fruits reste comparativement très faible avec 0,65 l par habitant et par an contre 3 l en Allemagne, 10 en Suisse et 14 aux Etats-Unis.

Du point de vue scientifique, il est impossible de ne pas être frappé également par l'extraordinaire abondance des travaux de recherche concernant les jus de fruits et concrétisant la somme de travail consacrée à leur sujet dans le monde entier où existent — tout spécialement aux Etats-Unis — de nombreuses stations expérimentales officielles ou privées contribuant à la diffusion et à l'amélioration des procédés de fabrication et de conservation.

En France, malgré certains efforts particulièrement intéressants, la situation actuelle est bien différente et cet état de choses tient à des raisons multiples et complexes, dont la principale est la conception même que nous avons des jus de fruits.

Pour nous, en effet, la forme **liquide** *comporte essentiellement la signification de* **boisson :** *la consommation, en France, se situe au café dans 60 % des cas et même à domicile, les jus de fruits ne sont qu'un moyen d'étancher la soif. Avec une telle conception, il est évident que les jus de fruits ne peuvent que difficilement concurrencer nos boissons traditionnelles : vin ou cidre.*

Mais il est permis de penser que la situation serait différente si, sortant du cadre de simple boisson de remplacement, les jus de fruits étaient mieux connus comme des **aliments naturels** *permettant de consommer des* **fruits liquides** *sous une forme spécialement agréable et économique.*

En effet, si, en tant que boisson, les jus de fruits peuvent paraître chers, il n'en va plus de même si on les considère comme des aliments.

Aux prix actuels (1961) un litre de jus de pomme consommé en famille ne coûte que 1 NF alors qu'il correspond à 1,300 kg de pommes dont le prix serait de 1,56 NF à 3,50 NF et plus, suivant la qualité et la saison.

Ainsi 100 calories ne coûtent-elles que 0,25 NF quand elles sont fournies par du jus de pomme, alors qu'elles reviennent de 0,40 à 0,50 NF lorsqu'elles le sont sous forme de fruits frais et à 0,80 NF au moins sous forme de viande. De plus, les jus de fruits ne comportent aucun des déchets qui augmentent encore le prix d'achat des fruits de façon inapparente.

En pratique d'ailleurs, la question du prix reste relativement secondaire et de nombreuses personnes accepteront volontiers une juste dépense dès qu'elles auront conscience de la valeur nutritive élevée et des garanties d'hygiène des jus de fruits. L'exemple des eaux minérales est, à ce sujet, particulièrement encourageant. Leur prix n'a pas été un obstacle à l'augmentation très sensible de leur consommation.

Pour les jus de fruits, une évolution semblable tend à se dessiner dès maintenant et les perspectives que semble offrir l'avenir, paraissent très favorables.

Notre verger, l'un des plus riches du monde, peut faire face facilement à tous les besoins intérieurs et à ceux de l'exportation.

La qualité des jus de fruits français produits par les maisons bien outillées supporte la comparaison avec les jus de fruits étrangers : ils sont adoptés volontiers par des consommateurs aussi avertis et exigeants en ce domaine que les Suisses, les Allemands ou les Américains.

L'interdiction de l'usage des conservateurs chimiques et la rigueur de la législation ont amené la technique française de conservation par pasteurisation à un haut degré de perfectionnement qui ne le cède en rien aux réalisations étrangères.

L'Etat, dans le cadre de la politique antialcoolique et des mesures de reconversion des cidreries et distilleries, ainsi que différents organismes privés d'intérêt public, déploient en faveur des jus de fruits une activité intense, concrétisée par des études, des prêts, des aménagements fiscaux, de la publicité.

Ces efforts se traduisent par une évolution extrêmement favorable du chiffre d'affaires de cette branche de l'industrie et doivent normalement amener les jus de fruits en France à un développement comparable — toutes proportions gardées — à celui qu'ils connaissent en Suisse ou aux U. S. A.

Ces perspectives font que le pharmacien ne saurait se désintéresser de ces produits.

Certes, considérés d'un point de vue pratique, les jus de fruits relèvent plus de l'industrie alimentaire que de la pharmacie et, plus précisément, ils forment une branche particulière de la conserverie.

Mais ce point de vue industriel, déjà, ne peut laisser le pharmacien indifférent, car la préparation des jus de fruits et leur conservation empruntent leurs procédés à la science pharmaceutique classique à laquelle appartiennent les techniques d'extraction, de filtration, de centrifugation, de pasteurisation et de stérilisation.

De plus, le contrôle chimique et bactériologique indispensable pour garantir la qualité de la fabrication et le respect des impératifs de la Santé Publique, est une activité pharmaceutique, la bromatologie étant une branche de l'enseignement de nos Facultés.

Les jus de fruits, d'autre part, peuvent trouver une place en Pharmacie galénique, comme excipients des solutés buvables, en remplacement des solutions alcooliques dans la préparation de différents remèdes.

Mais, surtout, les fruits ont toujours été considérés comme des aliments particulièrement sains et hygiéniques et cette opinion empirique

ancienne a été largement confirmée par la découverte des vitamines et la meilleure connaissance de la teneur des fruits en principes nutritifs.

L'introduction des jus de fruits dans le régime alimentaire correspond donc à des préoccupations diététiques et c'est là où le pharmacien paraît pouvoir jouer le rôle le plus important.

La diététique est devenue, depuis ces dernières années, une discipline hautement scientifique et si ses limites avec l'alimentation proprement dite sont encore assez vagues, son domaine entre tout à fait dans le cadre de l'activité pharmaceutique.

En effet, par ses études, sa formation et ses compétences spéciales, le pharmacien est particulièrement bien placé pour juger de la valeur hygiénique et alimentaire d'un produit et pour en apprécier les qualités diététiques et même les éventuelles possibilités thérapeutiques.

De plus, la forme de son activité et le large contact avec le public que provoque l'exercice de la Pharmacie, amènent tout naturellement le pharmacien a être plus volontiers et plus facilement que quiconque interrogé sur les problèmes diététiques.

L'audience que connaissent ses conseils le place dans une situation privilégiée pour faire comprendre au public l'intérêt des jus de fruits qu'il peut contribuer efficacement à mieux faire connaître sous leur véritable aspect d'aliments particulièrement sains et nutritifs.

C'est dans ce cadre du « pharmacien éducateur sanitaire et social » que nous nous sommes essentiellement placés pour notre étude sur le jus de pomme.

Bien que présentant entre eux d'assez larges différences, tous les jus de fruits existant habituellement dans le commerce, sont susceptibles de retenir, à des titres divers, l'attention du pharmacien.

Toutefois, afin de pouvoir en effectuer une étude assez détaillée, nous avons préféré nous limiter à l'étude d'un seul jus et notre choix du **Jus de Pomme** *s'est inspiré de différentes considérations :*

Les jus d'agrumes bien que très intéressants et connaissant un légitime succès, sont des produits relativement chers, de goût assez marqué et d'origine exclusivement extra-métropolitaine.

Différents jus produits en France tels que les jus d'abricot, de prune, de cassis, de fraise, sont surtout des produits de luxe, de faible diffusion et ne peuvent prétendre faire l'objet d'une consommation généralisée.

Seuls, en définitive, nous ont paru pouvoir entrer réellement en ligne de compte le jus de pomme et le jus de raisin.

Ces deux jus de fruits dont les matières premières sont spécialement abondantes en France, sont, en pratique, les seuls à être produits en quantité suffisante et à un prix assez bas pour jouer un rôle économique et social sensible dans notre pays et en Europe.

Et notre préférence est allée au jus de pomme qui paraît réunir les meilleures conditions pour connaître une vaste expansion.

Le jus de raisin, en effet, très sucré, trop peut-être pour le goût français, souffrant beaucoup plus de la concurrence du vin que le jus de pomme ne souffre de celle du cidre, ne paraît pas susceptible d'atteindre à la large diffusion qu'il est possible de prévoir pour le jus de pomme.

Ce dernier, au contraire, correspondant mieux au goût de nos compatriotes et de nos voisins européens, nous a paru bénéficier d'un ensemble de qualités capables d'en favoriser largement l'utilisation courante et assidue, ainsi que le démontrent déjà les exemples de la Suisse et de l'Allemagne.

Nous avons conçu notre étude du jus de pomme d'un point de vue essentiellement scientifique et hygiénique. Si nous avons voulu nous dégager du cadre de la propagande antialcoolique, nous avons désiré également nous affranchir des théories philosophiques inspirées de végétarisme et de naturisme, faisant des jus de fruits des produits quasiment magiques.

Cherchant à nous maintenir sur un plan aussi objectif que possible, nous avons essayé de ne pas perdre de vue le but pratique recherché : donner au pharmacien une connaissance suffisante du jus de pomme du commerce pour lui permettre d'apprécier plus exactement sa valeur diététique.

Partant de la définition du jus de pomme telle qu'elle ressort en particulier des textes légaux, nous avons été amenés à examiner sa matière première, la pomme, et ses procédés habituels de fabrication.

Puis, nous avons étudié sa composition, ses propriétés bactériologiques et les principaux contrôles permettant de juger de sa qualité.

De façon à juger de la qualité effective des jus commerciaux mis à la disposition du public, nous avons été amenés à effectuer certaines vérifications expérimentales. Afin de nous placer dans des conditions aussi proches que possible de celles du « consommateur moyen », nous avons,

en général, opéré sur des jus ou concentrés achetés dans le commerce et pour lesquels, étant donnée la nature même de notre travail, il nous a semblé préférable de respecter l'anonymat.

Enfin, après avoir étudié certaines actions biologiques du jus de pomme, nous avons essayé de préciser le rôle auquel il peut prétendre en diététique courante ou thérapeutique.

La richesse même de la littérature consacrée au jus de pomme nous a incités à présenter en terminant, non une bibliographie proprement dite — qui aurait facilement dépassé le cadre de ce travail — mais la liste des références des ouvrages et articles effectivement consultés, retenus pour leur portée générale ou leur intérêt scientifique et dont chacun comporte une bibliographie souvent abondante à laquelle il sera facile de se référer.

NOTE CONCERNANT LES JUS OU CONCENTRÉS EXPÉRIMENTÉS

1. **Jus brut.**

Nos essais ont porté sur deux jus bruts préparés extemporanément au laboratoire à l'aide d'une petite presse à vis, après râpage des pommes avec une râpe de cuisine.

Les pommes ont été simplement lavées à l'eau ordinaire et le matériel a été soigneusement nettoyé et séché, mais non stérilisé.

Nous avons obtenu ainsi des jus troubles de saveur agréable que nous avons simplement filtrés sur gaze et qui, pour nos essais bactériologiques, ont été examinés immédiatement.

Nous avons référencé ces deux jus respectivement :

— Jus brut n° 1, obtenu à partir de pommes de variétés diverses couramment rencontrées dans la région parisienne et traitées très rapidement après avoir été cueillies ;

— Jus brut n° 2, obtenu à partir de pommes tout venant achetées chez un commerçant (destinées à la préparation de compotes) et ayant donc subi obligatoirement de nombreuses manipulations depuis leur récolte.

L'essentiel de nos essais sur les jus bruts étant des essais bactériologiques, nous ne nous sommes pas attachés à déterminer les variétés de pommes utilisées.

2. **Jus de pomme et concentré de jus de pomme.**

Afin de nous placer dans des conditions aussi proches que possible de celles du consommateur moyen, nous avons réalisé nos différentes expérimentations sur des jus ou concentrés achetés dans le commerce.

8 jus différents et 4 concentrés ont au total été expérimentés. Etant donnée la nature même de notre travail, il nous a semblé préférable de respecter l'anonymat de ces produits. Nous les citerons donc seulement sous une référence conventionnelle :

Jus N, O, P, P', A, B, C, D.

Concentrés E, F, G, H.

Les renseignements et les déterminations analytiques utiles à nos expérimentations concernant ces différents produits figurent aux chapitres correspondants de notre étude. Nous n'indiquerons ici que le type des jus et les caractéristiques de leur conditionnement :

	Type de jus	Présentation
Jus N.....	limpide	verre bouchon couronne, joint liège aggloméré
Jus O.....	trouble	verre bouchon couronne, joint liège aggloméré
Jus P.....	limpide	verre bouchon couronne, joint liège aggloméré
Jus P'.....	trouble	verre bouchon couronne, joint liège aggloméré
Jus A.....	limpide	verre bouchon à système et joint caoutchouc
Jus B.....	limpide	verre bouchon couronne, joint liège aggloméré
Jus C.....	limpide	verre bouchon couronne, joint liège aggloméré
Jus D.....	trouble	verre bouchon liège
Concentré E.		boîte fer vernie intérieurement
Concentré F.		bouteille verre bouchon couronne, joint liège aggloméré
Concentré G.		bouteille verre bouchon couronne, joint liège aggloméré
Concentré H.		boîte fer vernie intérieurement

Nota : Les jus P et P' étaient des jus de même origine ne différant entre eux que par le caractère trouble ou limpide.

I

NORMALISATION ET TERMINOLOGIE DU JUS ET DU CONCENTRÉ DE JUS DE POMME

I - Définitions du jus et du concentré de jus de pomme

1. Définition pratique.

Le mot « jus » est de signification assez large.

Il est utilisé d'une façon très générale pour désigner tout suc tiré d'une chose par pression, coction ou toute autre manipulation.

Toutefois, le terme « jus de fruits » est, en pratique, surtout utilisé pour désigner le produit d'*expression à froid* des fruits et n'ayant subi aucune fermentation (l'extraction par diffusion n'étant pratiquement plus utilisée maintenant).

Il n'y a, en effet, en France aucune confusion entre le jus de pomme non fermenté et le cidre ou le cidre doux qui sont des produits fermentés.

Il n'en va pas de même à l'étranger :

Le cidre doux suisse est une boisson non fermentée, correspondant exactement au jus de pomme français.

Le terme anglo-saxon de *cider* correspond tantôt à un cidre véritable (de 0,50 à 8° d'alcool), tantôt à un jus de pomme non fermenté de production fermière, vendu frais, sans procédé spécial de conservation et destiné à une consommation rapide (Aitken H.-C.).

Certains auteurs anglo-saxons précisent d'ailleurs : *cider or unprocessed apple-juice*.

Le jus de pomme tel que nous l'entendons, est désigné dans la littérature anglo-saxone sous le nom de : *apple-juice*.

Dans la littérature allemande, le produit non fermenté est désigné sous les noms de : *Apfelsaft* ou *Süssmost*, correspondant à notre jus proprement dit, le cidre (fermenté) étant connu sous le nom de *Apfelwein*.

Ces différences dans la signification précise des termes sont un obstacle aux échanges scientifiques ou commerciaux internationaux, et peuvent être à l'origine d'erreurs d'interprétation risquant d'entraîner des difficultés dans la traduction des informations techniques ou économiques.

2. Définition technique.

A) Le jus brut.

Le jus brut d'un fruit, donc le jus de pomme brut, représente pour le technicien le liquide du cytoplasme et des vacuoles des cellules tel qu'il peut être recueilli après dilacération et éclatement des cellules sous l'effet de forces mécaniques de pression.

C'est le liquide complexe qui se sépare du marc, masse solide constituée de l'agglomération des résidus des membranes cellulosiques, de la peau et des pépins.

Ce jus brut tel qu'il sort du pressoir, est également parfois désigné sous le nom de « moût » par les producteurs.

B) Les dérivés du jus brut.

Le jus de pomme brut obtenu au sortir du pressoir est une matière première qui peut être à l'origine de différents produits suivant la façon dont on dirige son évolution :

a) Si on laisse la fermentation alcoolique démarrer et se développer complètement, on obtiendra du **cidre** (5° d'alcool total au moins suivant la définition officielle française).

b) Si la fermentation est incomplète, soit qu'on l'ait volontairement arrêtée, soit que la teneur du jus brut en azote protidique après défécation ne permette pas aux levures de se développer complètement, on obtiendra du **cidre doux** (5° d'alcool total au moins, dont au plus 3° d'alcool acquis suivant la définition officielle française) ;

c) Si, enfin, on empêche toute fermentation par des procédés adéquats, on obtiendra du **jus de pomme** proprement dit, trouble ou limpide, qui pourra lui-même être travaillé pour produire un concentré de jus de pomme.

C) Essai de codification.

On voit donc que même du point de vue technique, le mot de « jus de pomme » a des significations diverses depuis le jus brut retiré du pressoir, jusqu'au produit livré à la consommation. Pour codifier autant que possible la terminologie actuelle, la délégation suisse au V^e^ Congrès International des Producteurs de Jus de Fruits a proposé un certain nombre de définitions selon lesquelles :

Le jus brut de fruits est le jus non dilué, non fermenté, provenant de fruits sains et n'ayant subi aucune addition ni aucun traitement ;

Le jus mère est un jus brut de fruits, non destiné à la consommation immédiate et dont la conservation provisoire ou durable est assurée par un procédé physique ou chimique spécial ;

Le jus de fruits est un jus brut de fruits, trouble ou limpide, qu'un traitement spécial a rendu propre à la consommation. Il doit pouvoir être mis en fermentation ;

Le concentré de jus de fruits est un jus mère ou un jus de fruits ayant subi la concentration par soustraction d'une partie de son eau.

Signalons que, dans un souci d'éviter toute confusion entre le jus de fruits et les boissons aromatisées au jus de fruits, il a été prévu une définition des **boissons à base de jus de fruits,** obtenues par adjonction d'eau à des jus bruts de fruits, des jus mère, des jus de fruits ou des concentrés de jus de fruits. Elles doivent pouvoir être mises en fermentation. Si de telles boissons renferment plus de 30 pour cent de jus de fruits (de pomme par exemple), elles auront droit à l'appellation « boisson à base de jus de pomme ». S'il y a moins de 30 pour cent de jus de fruits, les boissons de ce genre devront être désignées sous le nom de « boisson à la pomme ».

3. **Définition légale française.**

A) Définition.

Le jus de pomme doit répondre à la définition légale d'un jus de fruits telle qu'elle ressort de l'Article 1er du Décret d'Administration Publique du 1er octobre 1938, modifié et complété par le Décret nº 2 731 du 31 décembre 1943, qu'il nous semble utile de reproduire *in extenso :*

« *La dénomination « jus de fruits » ou « jus de légumes »,*
« *ou toute autre dénomination contenant ces mots est réservée au*
« *produit naturel n'ayant subi aucun commencement de fermen-*
« *tation, que l'on obtient de la pression des fruits ou des légumes*
« *frais, sains et mûrs.*

« *La dénomination « jus », suivie de l'indication d'une espèce*
« *de fruits ou de légumes déterminée, est réservée au jus de fruits*
« *ou de légumes répondant aux conditions ci-dessus énoncées et*
« *provenant exclusivement de l'espèce indiquée.*

« *Les dénominations définies aux § 1er et 2e du présent Article*
« *peuvent être accompagnées de l'un des qualificatifs suivants,*
« *à l'exclusion de tous autres et inscrits en caractères identiques :*

« *Frais* », *si le jus n'a subi aucun traitement physique ou* « *de stabilisation, notamment filtration, collage, pasteurisation.* « *Le jus frais doit être préparé devant le consommateur.*

« *Pur* », *si le jus n'a subi aucune addition d'un produit quel-* « *conque, même si l'emploi de ce produit est expressément au-* « *torisé par le présent décret.*

« *Edulcoré* », *si le jus de fruits, autre que le jus de raisin,* « *a été additionné de sucre (saccharose) dans une proportion* « *supérieure à 50 g par litre, et inférieure à 100 g par litre,* « *à condition que ce qualificatif soit suivi de l'indication de la* « *quantité de sucre ajoutée, exprimée en grammes par litre.*

« *Sucré au sucre de raisin* », *si le jus, autre que celui de raisin,* « *a été additionné de sucre de raisin, c'est-à-dire de produit solide* « *ou semi-fluide, obtenu par concentration de moût de raisin et* « *répondant aux prescriptions en vigueur, dans une proportion* « *ne dépassant pas 150 g par litre, exprimée en glucose.*

« *Salé* », *si le jus de fruits ou de légumes a été additionné* « *de sel (chlorure de sodium), à condition que ce qualificatif* « *soit suivi de l'indication de la quantité de sel ajoutée, exprimée* « *en grammes par litre, lorsque celle-ci est supérieure à 1 g par* « *litre.*

« *Les dénominations prévues aux deux premiers paragraphes* « *du présent Article peuvent être précédées ou suivies des mentions* « *sans alcool non sacchariné* » *et de l'indication de la région* « *d'origine des fruits ou des légumes dont provient le jus.*

« *Ne peuvent être considérés comme jus de fruits ou de légumes* « *propres à la consommation les jus altérés ou ayant subi un* « *commencement de fermentation, même s'ils ont été clarifiés* « *et stabilisés.* »

B) Opérations licites.

Les manipulations qu'il est possible de faire subir aux jus de fruits tels qu'ils sont définis ci-dessus, font l'objet de l'Article 2 du Décret du 1er octobre 1938 (modifié et complété par le Décret du 31 décembre 1943) ainsi libellé :

« *Ne constituent pas des manipulations et pratiques fraudu-* « *leuses aux termes de la loi du 1er août 1905, les opérations* « *ci-après énumérées :*

« *1o Le mélange de jus de fruits ou de légumes d'une même* « *espèce et de variétés différentes.*

« 2° *L'addition de sucre (saccharose) aux jus de fruits autres* « *que le jus de raisin, à la condition que la quantité de sucre ajoutée* « *ne dépasse pas 100 g par litre et que la dénomination du jus soit* « *accompagnée de l'un des qualificatifs : édulcoré ou sucré, dans* « *les conditions prévues par l'Article 1er.*

« *3° Les collages au moyen de clarifiants consacrés par* « *l'usage, tels que l'albumine pure, la caséine pure, la gélatine* « *pure ou la colle de poisson, le tanin, l'argile pure, la cellulose* « *pure, la terre d'infusoires, le charbon purifié, ou de tout autre* « *produit exempt de principes nuisibles, non susceptibles de céder* « *au jus des quantités appréciables d'un corps pouvant modifier* « *la composition chimique des jus de fruits ou de légumes et dont* « *l'usage pourra être déclaré licite par arrêtés pris de concert* « *par les Ministres de la Santé Publique et de l'Agriculture, après* « *avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique et de l'Académie* « *de Médecine.*

« *4° La pasteurisation ou la réfrigération ou le turbinage* « *des jus de fruits ou de légumes.*

« *La congélation des jus de fruits ou de légumes, à la condition* « *que cette opération n'entraîne aucune soustraction d'éléments* « *constitutifs de ces jus, et qu'après décongélation la composition* « *chimique desdits jus n'ait pas été modifiée.*

« *5° La filtration des jus à l'air libre ou sous pression d'un* « *gaz inerte.*

« *6° La conservation par saturation avec du gaz carbonique,* « *à condition que les jus livrés à la consommation ne renferment* « *pas une quantité d'anhydride carbonique supérieure à celle qui* « *est contenue normalement dans les jus.*

« *7° L'emploi de tout autre procédé physique non susceptible* « *de modifier la composition des jus dont l'usage pourra être* « *déclaré licite par arrêtés pris de concert par les Ministres de* « *la Santé Publique et de l'Agriculture, après avis du Conseil* « *Supérieur d'Hygiène Publique et de l'Académie de Médecine.*

« *8° L'addition de sel (chlorure de sodium) lorsqu'il est* « *fait mention de cette addition dans les conditions fixées par* « *l'Article 1er.*

« *9° L'addition d'épices et d'aromates.*

« *10° L'emploi de l'anhydride sulfureux dans une proportion* « *ne dépassant pas 100 mg d'anhydride sulfureux total par litre* « *de jus.*

« *11° Le nettoyage et la désinfection au moyen d'hypochlorites,* « *de formol, de carbonates alcalins et de permanganate de potasse,* « *tant des appareils servant aux manipulations des jus de fruits* « *ou de légumes, que des récipients destinés à contenir ceux-ci,* « *à la condition que, grâce à des rinçages subséquents, les jus ne* « *retiennent aucune trace des ingrédients employés.* »

A ce texte, il est nécessaire d'ajouter l'Arrêté du 21 mai 1953 qui autorise l'addition d'acide ascorbique à titre d'antioxygène, jusqu'à la limite de 300 mg par kg de produit prêt à la vente.

Aucune mention spéciale dans la dénomination du produit n'est prévue pour signaler au consommateur cette présence éventuelle d'acide ascorbique. Il est bien spécifié au contraire, qu'il est interdit de présenter les jus de fruits traités par l'acide ascorbique sous des étiquettes tendant à faire croire que ces denrées possèdent une action thérapeutique, tel que ce serait le cas si l'on utilisait les qualificatifs « vitaminé », « antiscorbutique », ou des termes analogues.

C) Opérations illicites.

Les différentes manipulations dont l'usage est, par contre, interdit, font l'objet des Articles 3 et 4 du même Décret, ainsi libellé :

« Article 3. — *Sont considérés comme tromperie, au sens* « *de l'Article 1er de la loi du 1er août 1905 :*

« *1° Le mélange de plusieurs jus de fruits ou de légumes* « *d'espèces différentes, à moins que la dénomination du jus dominant* « *soit suivie du nom du ou des jus de fruits ou de légumes employés,* « *inscrit en caractères identiques.*

« *2° La dilution des jus de fruits ou de légumes.*

« *3° La concentration des jus de fruits ou de légumes par la* « *chaleur ou par le froid, à moins que le nom des jus de fruits ou* « *de légumes employés pour la préparation du produit soit immé-* « *diatement précédé des mots « concentré de » et suivi de l'indi-* « *cation d'une fraction exprimée en chiffres, représentant la* « *proportion à laquelle a été réduit le volume initial.*

« *Toutes ces indications devront figurer en caractères typo-* « *graphiques de mêmes dimensions.* »

« *4° La dilution des concentrés des jus de fruits ou de légumes* « *en vue de reconstituer les jus dont ils proviennent.*

« Article 4. — *Est interdite, dans la fabrication des jus de* « *fruits ou de légumes, l'addition d'alcool, d'antiseptiques, d'acides*

« *tartrique, citrique, lactique, de tous produits chimiques, autres* « *que ceux dont l'usage est déclaré licite par arrêtés pris de concert* « *par les Ministres de la Santé Publique et de l'Agriculture, sur* « *l'avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique et de l'Académie* « *de Médecine.*

D) Cas des mélanges de fruits.

Les mélanges de jus d'espèces différentes qui sont d'ailleurs largement représentés dans les produits commerciaux, doivent être désignés par des appellations telles que « cocktail de jus de fruits », suivies de l'énumération des différents fruits ou légumes ayant fourni les jus constituant les mélanges, le nom du fruit ou du légume dont le jus a le pourcentage le plus important devant figurer le premier.

Mais cette règle générale souffre une exception précisément en ce qui concerne le jus de pomme qui nous intéresse plus spécialement.

En effet, par suite de la tolérance prévue au Décret du 20 juillet 1908 (modifié par les Décrets du 20 août 1930 et du 24 septembre 1933), un mélange de jus de pomme et de poire a droit à la seule appellation de « jus de pomme », à condition que la proportion de pommes domine nettement.

En pratique, cette latitude est très peu mise à profit par les producteurs et, pour des raisons économiques, la proportion de jus de poire pouvant se rencontrer dans certains jus de pomme ne dépasse pas 10 pour cent.

E) Cas des concentrés.

L'apparition sur le marché des concentrés n'a pas été sans poser un problème particulier.

En effet, comme nous l'avons vu, à s'en tenir aux termes de l'Article 3 du Décret précité « *sont considérés comme tromperie au sens de l'Article* 1er *de la loi du* 1er *août* 1905...

— *la dilution des jus de fruits ;*

— *la concentration ;*

— *la dilution des concentrés... en vue de reconstituer les jus dont ils proviennent* ».

Il est donc interdit, en France, de vendre sous le nom de « jus de fruits » un produit dilué, concentré ou reconstitué à partir d'un concentré.

Mais le § 3 de l'Article 3 précité concernant la concentration précise que cette opération ne constitue pas une tromperie si « *le nom*

des jus de fruits (ou de légumes) employés pour la préparation du produit est immédiatement précédé des mots « concentré de ..... ».

Il n'est donc pas fait obstacle à la vente de concentrés en France sous la condition formelle qu'ils soient expressément désignés comme tels sous le nom de :

« Concentré de ..... au 1/7 »

la fraction représentant le coefficient de réduction de volume du jus initial pour aboutir au concentré (soit dans l'exemple ci-dessus, une réduction de 6/7).

L'addition d'eau aux concentrés de jus en vue de reconstituer les jus dont ils proviennent, reste, nous l'avons vu, « interdite », c'est-à-dire que le produit obtenu n'a pas droit à l'appellation « jus de fruits ».

F) Remarques.

Observons d'abord que la législation actuelle est déjà un peu ancienne et n'a pas prévu certaines techniques modernes.

A s'en tenir à la lettre du Décret du 1er octobre 1938 et à celui du 31 décembre 1943, des opérations telles que :

— la dépectinisation enzymatique ;
— la récupération des arômes et leur réincorporation ;
— la désaération,

ne figurent pas nommément parmi les opérations licites dûment autorisées.

Mais elles ne figurent pas non plus au nombre des opérations réputées illicites, de telle sorte qu'une large tolérance de l'administration existe en fait à leur égard.

On peut envisager qu'elles pourront bénéficier prochainement des dispositions prévues par le § 7 du Décret cité ci-dessus, qui stipule que « *tout autre procédé physique... pourra être déclaré licite* » après avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique et de l'Académie de Médecine.

Notons ensuite la sévérité et la rigueur de la législation française des jus de fruits, applicable, en particulier, au jus de pomme. La situation légale est beaucoup plus libérale à l'étranger.

Certains conservateurs admis par de nombreux pays d'Europe et aux Etats-Unis sont interdits en France où seul SO_2 est accepté à la dose maxima de 100 mg par litre.

Dans d'autres pays — en Suisse, en Allemagne — il n'existe pas à proprement parler de législation officielle, mais simplement des normes de qualité émanant de groupes de producteurs.

Enfin, de nombreux pays étrangers admettent la vente sous le nom de « jus de pomme », de boissons reconstituées à partir de concentré.

De toute façon, les législations des différents pays présentent des divergences sensibles, tout en étant généralement moins exigeantes que la législation française.

Un effort d'harmonisation des différentes législations semble s'imposer surtout sur le plan européen, dans le cadre des perspectives annoncées par le Marché commun.

Sous l'influence de hautes personnalités, des tentatives sont actuellement en cours en ce sens et les nations cherchent à se mettre d'accord sur un projet de « Codex International de l'Alimentation » qui fait, entre autres, l'objet des préoccupations du Sous-Comité des Experts pour le Contrôle Sanitaire des Denrées Alimentaires près la F. A. O. à Rome.

Dans ce cadre, le législateur français sera peut-être amené à accepter certains aménagements dans le sens d'une plus grande tolérance à l'égard de certains conservateurs sélectionnés en particulier.

On peut le regretter car si les rigueurs de la législation française ont parfois été une gêne pour le fabricant, elles ont eu pour conséquence une absolue protection de la Santé Publique et ont donné une active impulsion aux progrès techniques de l'industrie des jus de fruits. En effet, en employant des conservateurs, le fabricant peut se contenter d'un travail beaucoup moins poussé, puisque tout risque de fermentation est éliminé chimiquement.

Au contraire, les exigences de la loi française ont amené chez nous les techniques de conservation sans agents chimiques à un haut degré de perfectionnement et elles ont eu, dans ces dernières années, la conséquence heureuse d'obliger les fabricants à améliorer constamment la qualité des jus de fruits français.

II - Normalisation des jus et concentrés

1. **La Norme « jus de pomme ».**

Le besoin d'une définition de référence propre au jus de pomme s'est vite fait sentir et il a été édité en 1951, par l'Association Française de Normalisation, une Norme spéciale au jus de pomme, sous la référence NF V 76-002.

Cette Norme remplace les différents textes administratifs utilisés précédemment comme normes de qualité par le service des Douanes.

Elle donne la définition du jus de pomme : « *liquide non concentré, non dilué et non fermenté obtenu par l'expression des fruits frais de* Malus communis D. C. (Pyrus malus L) ».

Elle précise que les pommes utilisées à la préparation du jus doivent être « *fraîches, saines et correctement lavées, leur état de maturité doit être convenable* ».

Le jus de pomme ainsi défini qui « *peut se présenter sous forme de liquide limpide, ou encore garder en suspension finement divisée une partie de la pulpe du fruit* » est classé en deux catégories : A, ou extra, et B, ou courante, d'après les différents caractères ci-après :

I. — Caractères physiques et chimiques	Catégorie A ou « extra »	Catégorie B ou « courante »
a) Densité : $d\ \frac{20}{20}$ Egale ou supérieure à	1,048	1,044
b) Acidité titrable comprise entre les valeurs suivantes :	45 et 112 mE au litre soit 3 et 7,5 g au litre en acide malique	30 et 150 mE au litre soit 2 et 10 g au litre en acide malique
c) Teneur en impuretés minérales insolubles dans l'eau, inférieure ou égale à :	10 mg au litre	20 mg au litre
d) Teneur en plomb inférieure ou égale à :	1,6 mg au litre	1,6 mg au litre
e) Teneur en arsenic inférieure ou égale à :	0,4 mg au litre	0,4 mg au litre
f) Teneur en alcool inférieure ou égale à :	4 g au litre	4 g au litre
g) Teneur en SO_2 total inférieure ou égale à :	50 mg au litre	100 mg au litre
h) Présence d'antiseptique :	néant	néant

« Nota. — *Les jus de pomme ne doivent normalement pas « renfermer d'anhydride carbonique, à moins qu'il en soit fait « mention sur l'étiquette.*

« *Il ne sera toutefois pas fait obstacle à des traces de gaz « pouvant rester après entreposage selon la méthode Böhi.* »

II. — Caractères organoleptiques	Catégorie A ou « extra »	Catégorie B ou « courante »
Présentation.....	Couleur franche et claire de jus de pomme fraîchement exprimé.	Couleur franche et assez claire de jus de pomme.
Aspect.....	Exempt de défauts.	Exempt de défauts grossiers.
Jus au repos.....	Stable et sans dépôt.	Peut présenter dépôt minime.
	Limpidité parfaite pour jus clair.	Limpidité ou trouble stable.
Saveur.....	Franche et délicate de pommes saines ; pratiquement exempt de goût de cuit, exempt d'odeur et saveur étrangères ou anormales.	Normale de jus de pommes ; peut manquer un peu d'arôme ; seul un léger goût de cuit est admis, exempt d'odeur et saveur étrangères ou anormales.

Remarquons qu'en ce qui concerne la teneur en alcool, cette Norme est plus exigeante que la législation puisque par le Décret 55-160 du 1er février 1955 (J. O. du 5 février 1955), il est admis une tolérance de un degré d'alcool dans les boissons non fermentées, alors que la Norme n'admet que 4 g au litre, soit environ zéro degré cinq.

2. **La Norme « Concentré de jus de pomme ».**

Le concentré destiné à la consommation n'a été introduit que récemment dans la législation et fait l'objet, seulement, d'une Norme officielle du service des Alcools qui n'accorde les prêts pour la recon-

version des distilleries, prévus par l'Arrêté du 28 janvier 1954, qu'aux industriels produisant un concentré répondant à des critères de qualité bien définis, que nous reproduisons ci-dessous.

« *Les moûts concentrés de pommes ou de poires doivent* « *provenir uniquement de fruits sains.*

« *Seuls, les purs jus peuvent être mis en œuvre pour la concen-* « *tration et ne peuvent subir d'autres traitements que :*

« — *la clarification, pour éliminer les matières en suspension* « *et les matières pectiques ;*

« — *l'addition d'anhybride sulfureux ;*

« — *la concentration ne peut être obtenue que par élimination* « *physique de l'eau de constitution des jus.*

« *Sont interdits toutes additions :*

« — *de produits antiseptiques ou conservateurs ;*

« — *de sucres ;*

« — *d'acides minéraux ou organiques.*

« *Le moût concentré doit être limpide, d'une saveur franche* « *de fruit, sans aucun goût de cuit et ne pas renfermer plus de* « *500 mg d'anhydride sulfureux par kg.*

« *La densité des moûts concentrés ne doit pas être inférieure* « *à 1 345 à 15°, correspondant à 37° Baumé.* »

Il y a peu de choses à ajouter à ce texte officiel qui se suffit à lui-même, malgré sa concision.

On voit que la clarification enzymatique est ici explicitement désignée comme licite.

On peut simplement regretter que cette Norme ne se préoccupe pas des contaminations accidentelles par métaux exogènes qui, pourtant, entraînent un risque non négligeable de détérioration des concentrés par brunissement oxydatif.

En cette matière, l'initiative privée dépasse les exigences du législateur et nous verrons au chapitre « Fabrication » les précautions prises pour éviter les contaminations métalliques et le brunissement qui rend le produit pratiquement inconsommable.

III - Terminologie adoptée au cours de notre travail

1. **Jus.**

Au cours du présent travail et pour différencier, dans toute la mesure du possible, les différents stades de la fabrication du jus de pomme, nous adopterons la terminologie proposée au V^e^ Congrès International des Producteurs de Jus de Fruits qui nous a paru la plus précise (voir page 30) et la mieux adaptée pour suivre la fabrication industrielle du jus.

Le jus brut qui est le jus tel qu'il sort de la presse, est un pur jus au sens de la législation française qui pourrait encore être considéré au sens de cette législation comme un jus frais, à cette différence près qu'il n'a pas été préparé devant le consommateur et qu'il n'est pas destiné à la consommation immédiate.

Le jus mère est le jus au stade de sa conservation en vrac. C'est du jus brut qui a déjà subi certaines opérations physiques ou chimiques destinées en particulier à assurer sa conservation.

Si les opérations auxquelles il a été soumis, sont d'ordre purement physiques et s'il n'a été l'objet d'aucune addition d'un produit quelconque, le produit à ce stade a encore droit, mais seulement dans ce cas, à l'appellation de jus pur.

Le jus de pomme, enfin, est le produit final destiné à la consommation, ayant subi toute opération complémentaire nécessaire et présenté en conditionnements adéquats.

Au cas où toutes les opérations auxquelles il a été soumis depuis son extraction (stade du jus brut) ont été purement physiques, le produit a encore droit ici — mais seulement dans ce cas — à l'appellation de pur jus.

2. **Concentrés.**

En ce qui concerne les concentrés de jus de pomme, nous adopterons le sens résultant des dispositions légales en vigueur en France. C'est-à-dire que, sauf précision contraire, nous entendrons sous ce nom le produit propre à la consommation, obtenu par élimination physique de l'eau d'un jus de pomme qu'il s'agisse d'un jus « mère » ou d'un jus de pomme proprement dit.

II

ÉTUDE DE LA POMME

La pomme représente la matière première exclusive du jus et ses caractéristiques propres ont une influence prépondérante sur la qualité du produit obtenu.

I - Rappel botanique

La pomme est le fruit du « *Malus communis* » D. C. (« *Pyrus* » ou « *Pirus malus* » L) (Rosacées).

En vérité, il ne s'agit pas d'un fruit véritable, au sens botanique du terme, mais d'une drupe composée.

En dehors des pommiers d'ornement, les pommiers à fruits qui seuls nous intéressent ici, résulteraient, pour certains auteurs, de deux expèces botaniques :

Malus acerba qui serait à l'origine des pommiers à fruits acides (dont les variétés acides de pommes à cidre) ;

Malus dasyphylla qui serait à l'origine de toutes les autres variétés de *Malus communis.*

D'autres auteurs émettent, au contraire, l'hypothèse que *Malus communis* actuel résulterait d'une hybridation ancienne entre les deux espèces, *Malus acerba* et *Malus dasyphylla.*

Citons, en outre, l'existence de *Malus baccata*, d'origine sibérienne, utilisé dans certains pays comme porte-greffe pour améliorer la résistance au froid.

1. La fleur.

La fleur du pommier, verticillée, pentamère, bisexuée répond au schéma d'organisation général des fleurs des Rosacées.

Les carpelles sont insérés à un niveau inférieur à celui des autres verticilles, de telle sorte que l'ovaire est infère. Il est, de plus, adhérent et cette double particularité qui constitue le phénomène d'épigynie, est parmi les Rosacées, un caractère propre aux Pirées.

2. **Le fruit.**

A) Croissance.

L'accroissement considérable en dimensions et en poids du gynécée et du réceptacle floral à la pomme mûre dépend :

— D'une part, de la multiplication extrêmement active des cellules ;

— D'autre part, de leur imbibition aqueuse progressive.

La croissance passe par plusieurs phases : lente au départ, tant qu'elle est liée à la seule multiplication cellulaire, elle s'accélère ensuite dès que les cellules commencent à se gorger d'eau.

B) Anatomie de la pomme mure.

On connaît la forme approximativement sphéroïdale et globuleuse de la pomme, profondément ombiliquée à l'insertion du pédoncule, dotée d'un « œil » formé des reliquats du calice floral.

Chez certaines variétés, ces restes des sépales, des étamines et du pistil ferment complètement la cavité de l'œil, alors que, dans d'autres, cette oblitération fait défaut, ce qui permet une communication plus ou moins facile de l'air extérieur vers les cavités carpellaires.

La dimension et le poids des pommes sont variables suivant les variétés (6 à 15 cm de diamètre, 100 à 500 g).

Sur une coupe équatoriale, la pomme offre à considérer de dehors en dedans :

Un épiderme appelé peau ou pellicule qui comprend :

— Une cuticule d'épaisseur variable (environ 23 μ) renfermant les pigments anthocyaniques responsables de la couleur verte puis jaune. De nature lipoïdique complexe, la cuticule isole l'intimité du fruit de l'atmosphère extérieure. Toutefois, cette imperméabilité relative est compensée par la présence de pores (stomates et lenticelles) et, chez certaines variétés, de solutions de continuité microscopiques en nombre variable.

— Une assise cellulaire épidermique à grandes cellules aplaties (70 μ) ;

— Un hypoderme riche en grains de pigments caroténoïdes qui confèrent au fruit sa coloration jaune et rouge à maturation. L'hypoderme fait insensiblement transition avec les formations parenchymateuses sous-jacentes.

Un parenchyme.

C'est la chair comestible qui se présente comme un tissu parenchymateux formé par l'agglomération de grandes cellules à membrane pectocellulosique, à protoplasme mince, pourvues d'une ou plusieurs grandes vacuoles centrales et de plusieurs petites vacuoles disséminées à la périphérie.

Ces cellules laissent entre elles de nombreux méats, les cavités aériennes intercellulaires occupant jusqu'à 25 pour cent du volume total du fruit.

Ce parenchyme se présente donc comme un tissu très aéré. Il est, de plus, parcouru de nombreux vaisseaux qui s'organisent en un faisceau cortical bien visible, à l'union des 2/3 externes et du 1/3 interne du parenchyme.

Le cœur, non comestible ; il est constitué d'un tissu cartilagineux de consistance ferme, ou sclérocarpe, formé de petites fibres à parois épaisses, croisées et parfois cristallifères.

Ce tissu délimite les cinq logettes carpellaires qui renferment chacune au moins deux graines ou pépins.

II - Biochimie de la maturation

Pendant sa croissance et tout spécialement dans la phase terminale amenant le fruit à maturité complète, la pomme subit une série de transformations biochimiques s'étendant sur une période de plusieurs semaines.

Nous envisagerons successivement et rapidement les modifications ayant le plus de signification pour l'industrie des jus de fruits.

1. Teneur en eau.

Nous avons vu précédemment que la croissance du fruit dépendait pour une part de l'accroissement de la teneur en eau. Après la phase de croissance rapide, l'imbibition aqueuse des cellules mésocarpiques se ralentit et à maturité la teneur en eau ne varie pratiquement plus et se stabilise aux environs de 85 pour cent d'eau (en poids).

2. Transformation de l'amidon en glucides.

La transformation de l'amidon en glucides est un des phénomènes les plus importants de la maturation.

L'amidon se dépose dans le fruit très tôt au cours de son développement.

Les sucres résultant de la synthèse chlorophyllienne sont amenés par la sève dans le fruit où se produit la synthèse de l'amidon. Le dépôt se fait dans les cellules périphériques d'abord, puis progresse vers le cœur secondairement.

Au fur et à mesure de la maturation, l'amidon se trouve hydrolysé presque totalement. La diminution de la teneur en amidon se produit rapidement dans les quelques semaines précédant la maturation totale.

L'hydrolyse intervient sous l'influence d'une amylase très active et en pratique, à la récolte, il ne reste plus d'amidon dans la pomme qui connaît, par contre, un enrichissement parallèle en glucides simples, particulièrement en fructose.

3. **Transformation des protopectines en pectines.**

La transformation des protopectines en pectines, puis en matières d'hydrolyse plus simples, est un second phénomène très important caractérisant la maturation et tenant sous sa dépendance les modifications de consistance caractéristiques de la pomme mûre.

On sait que dans le fruit vert existent essentiellement des protopectines (dites encore « pectoses ») étroitement associées aux composés cellulosiques des parois cellulaires sous forme de complexes insolubles jouant le rôle de ciment intercellulaire.

Dans les protopectines naturelles insolubles, la plus grande partie des groupes carboxyl est estérifiée par un radical méthylique.

Au moment de la maturation (et surtout après écrasement du fruit) la protopectine est l'objet d'une importante transformation. Sous l'influence d'enzymes, elle se transforme, en effet, en pectine soluble désestérifiée avec production d'alcool méthylique.

Les auteurs sont d'accord aujourd'hui pour reconnaître essentiellement l'existence de quatre enzymes spécifiques de la solubilisation de la protopectine :

a) La propectinase qui transforme la protopectine insoluble en pectine soluble ;

b) La pectinase qui hydrolyse la pectine avec libération d'acide d-galacturonique et de son ester méthylique ;

c) La pectase ou pectinemethoxylase qui conduit à la libération d'alcool méthylique avec formation d'acides pectiques, polymères de l'acide d-galacturonique ;

d) La pectolase qui attaque les acides pectiques avec libération d'acide d-galacturonique.

4. **Evolution des pigments et de la vitamine C.**

On observe au cours de la maturation une transformation des pigments localisés dans la cuticule du fruit qui amènent la pomme à sa coloration caractéristique lorsqu'elle est mûre.

Si les pigments anthocyaniques responsables de la couleur verte ou jaune de base ne subissent que peu de transformation, on voit, au contraire, apparaître au cours de la maturation des quantités de plus en plus abondantes de pigments caroténoïdes.

Parmi les nombreux facteurs qui conditionnent la pigmentation du fruit mûr, il faut réserver une place spéciale à l'ensoleillement.

La région du fruit la mieux exposée est la plus colorée et on a pu confirmer cette observation banale par l'emploi de « caches » qui permettent de réaliser de véritables « photographies », les parties exposées étant les seules pigmentées contrastant ainsi avec les parties protégées.

On sait que les pigments caroténoïdes ont un rôle de provitamine A et c'est ce qui nous permet d'en faire mention ici à côté d'une autre vitamine, la vitamine C dont la teneur maximum est atteinte également dans la pomme à maturité optimum, la proportion maximum de vitamine C se retrouvant d'ailleurs dans les variétés les plus colorées.

III - Choix des pommes à jus

Il est bon de se souvenir du caractère disparate de la production pomologique et du verger français où coexistent, en nombre considérable, des variétés de pommes d'aptitudes très diverses.

On compte, en effet, près de 5 000 variétés, dont certaines échappant à toute tentative d'identification, résultent d'une reproduction anarchique, laissée à l'initiative de cultivateurs traditionnalistes et individualistes.

La nécessité d'une sélection apparaît donc comme évidente. Mais si son principe est admis sans discussion, sa mise en pratique se heurte à de nombreuses difficultés.

1. **Exigences du consommateur français.**

La production d'un jus de pomme de qualité susceptible d'une large diffusion nationale doit tenir compte du goût particulier du consommateur français qui est l'un des plus difficiles à satisfaire.

Pour le consommateur français, une « ressemblance » intime et une totale identité de goût entre la pomme et le jus qui en est tiré, ne sont pas le critère déterminant de la qualité du jus qu'il considère avant tout comme une boisson et non comme un « dessert » particulier.

Une boisson trop sucrée n'a que peu de chances de succès en France, pas plus d'ailleurs qu'une boisson trop acide.

Mais de l'avis de spécialistes et pour la consommation courante, tous les espoirs doivent rester permis à un jus de pomme

— légèrement amer,
— relativement doux,
— suffisamment acide — mais pas trop.

L'acidité relative confère à la boisson le caractère désaltérant auquel s'attache plus particulièrement l'usager.

La douceur correspond à la tendance actuelle qui favorise les boissons non alcooliques.

L'amertume légère plaît par son caractère apéritif et concourt aux propriétés désaltérantes.

2. **Variétés recommandées en France.**

Compte tenu de ces exigences particulières, le jus de pomme correspondant au goût particulier du Français ne saura donc être préparé qu'à partir de pommes spécialement choisies pour leur composition : assez pauvre en tanin et plutôt riche en sucre et surtout en acide.

Il faut donc, en France, faire le choix de variétés présentant un rapport sucre/acidité (*sugar-acid balance*) différent de celui qui sera admis dans d'autres pays, particulièrement aux Etats-Unis, et on préférera en général, des pommes présentant au moins 3 à 3,5 g d'acide titré en SO_4H_2 par litre, tout en ayant au moins 120 à 130 g de sucres totaux par litre.

Parmi les 5 à 6 000 variétés que nous évoquions ci-dessus, certaines présentent précisément ces caractéristiques :

Il s'agit des pommes dites : « acidulées » et « aigres ».

On sait, en effet, que l'on classe généralement les pommes par ordre d'acidité croissante dans les trois grandes catégories suivantes :

Pommes douces, convenant pour la table et les cidres doux.

Pommes acidulées, convenant pour les jus et concentrés de pommes.

Pommes aigres, convenant pour certains cidres secs.

Les pommes « acidulées » et certaines « aigres », bien que réputées pendant longtemps « pommes à deux fins », conviennent en fait aussi mal à la consommation en nature à table, qu'à la production de cidres.

Par contre, ces pommes trop longtemps négligées et confinées à l'utilisation en compotes ou en confitures, se sont révélées d'excellentes matières premières pour le jus de pomme et les concentrés, et les services officiels du Ministère de l'Agriculture recommandent particulièrement pour cette utilisation les variétés telles que :

Jaune de Vitré — René Martin — Rouge de Trêves — Tesnières — Armagnac — Petit Jaune — Renao — Guillevic — Rouget de Dol Gros — Gilet Rouge — Petit de Janzé — Judin — Maltranche ou Dol — Piment — Racropi — Pomme de Mol — Fil Jaune — Portier — etc...

La diffusion géographique de ces variétés est assez large, mais on les trouve plus volontiers en Ille-et-Vilaine dans la région de Redon, en Loire-Atlantique, dans le Morbihan et les Côtes-du-Nord — beaucoup plus favorisées pour la production de pommes à jus que les départements normands pauvres en variétés acides et producteurs traditionnels de pommes douces et douces-amères, convenant aux cidres.

On retrouve également des pommes « à jus » dans l'Yonne, l'Aisne, la Somme, la Sarthe, la Mayenne et en Alsace, toutes régions qui ont ainsi la possibilité de s'orienter elles aussi vers la production de jus de pomme.

Notons d'ailleurs que le fabricant de jus ou de concentré est rarement approvisionné en une seule variété et il y a effectivement avantage à opérer un mélange de cinq à six variétés, ce qui assure par compensation réciproque des aléas de la production saisonnière une qualité constante et un produit terminal standard.

De nombreux fabricants ont compris l'intérêt primordial de recevoir des pommes de variétés connues et rétribuent plus substantiellement les livraisons classées que les livraisons « tout venant ».

3. **Qualité des pommes à jus.**

La sélection de variétés convenables, si elle assure un produit de goût aussi proche que possible des désirs particuliers des consommateurs, ne suffit pas à garantir au jus une qualité parfaite.

Il faut encore que les pommes soient saines, à un degré de maturité convenable, et conservées avec quelques précautions en l'attente d'être traitées.

A) Etat des pommes.

Il est évident qu'un jus de toute première qualité ne peut être fabriqué qu'avec des fruits exempts de défauts grossiers. C'est ainsi qu'on rejettera les pommes échauffées ou pourries, particulièrement celles qui sont atteintes par les *Monilia* ou les *Penicillium*, dont le goût désagréable de moisi pourrait contaminer tout un lot de fabrication.

Ceci dit, on peut néanmoins, pour la fabrication de jus ou de concentré, admettre des tolérances beaucoup plus larges que pour la consommation à table.

On peut obtenir des résultats parfaits même en utilisant des pommes présentant quelques défauts (tavelure, liège, fumagine, carpocapse, éclatement et même cœur brun), à condition bien entendu, que les fruits ne soient pas atteints en trop grande proportion.

B) Degré de maturité.

Etant donné le but particulier que recherche le producteur de jus de pomme, le degré de maturité des fruits à traiter a pour lui une importance primordiale, et le résultat obtenu dépend étroitement des ultimes transformations physiologiques des pommes à la dernière phase de la maturation.

Des pommes trop vertes contiennent une trop forte proportion d'amidon, ce qui contribue à donner au jus un goût de « vert » désagréable.

De plus, le marc retient dans ce cas une forte proportion de protopectine ce qui retentit sur la qualité du jus par un manque de viscosité, de corps.

Mais des pommes trop mûres ne sauraient pas plus convenir à la production de jus.

Le degré optimum de maturité pour les pommes à jus se résume par la formule elliptique mais imagée de : « ni trop, ni trop peu » et, en pratique, est difficile à apprécier.

On a cependant essayé de mettre au point des critères objectifs de maturité.

Les procédés d'évaluation reposent sur :

— la comparaison de la couleur du fruit avec une échelle colorimétrique de référence telle que Mœrtz et Paul « *Dictionnary of Colour* », Mac Graw Hill, New York 1950, ou Seguy E. « *Code Universel des Couleurs* », Lechevalier, Paris ou plus spécialement « *Horticultural Colour Chart* », Royal Horticultural Society et « *Colour Chart* », U. S. Department of Agriculture » ;

— la facilité avec laquelle on sépare le fruit de l'arbre ;

— la consistance du fruit parfois évaluée avec un appareil mesurant mécaniquement la pression. (*Magness Taylor tester* — Pénétromètre du Laboratoire de Bellevue) ;

— l'évaluation réfractométrique du contenu en corps solides solubles ;

— la mesure de la teneur en amidon ;

— la couleur des pépins ;

— la dimension du fruit ;

— l'apparition des pores cutanés.

Ces procédés d'une application complexe, paraissent surtout rester du domaine de la recherche scientifique et on en conçoit mal la diffusion pratique.

Il est vrai que l'expérience et l'habileté du récoltant y suppléent dans une large mesure et donnent satisfaction, malgré leur caractère obligatoirement subjectif et intuitif.

En France, en effet, on se base plus volontiers sur l'appréciation manuelle de la consistance du fruit et surtout sur les dates de maturation qui sont bien connues et répertoriées.

Les pommes à jus (et à cidre) connaissent trois grandes saisons de maturité :

1re *saison :* Maturité avant le 15 octobre, les fruits mûrs tombent de l'arbre ;

2e *saison :* Maturité entre le 15 octobre et le 15 novembre. Les fruits tombent de l'arbre avant maturité complète ;

3e *saison :* Maturité entre le 15 novembre et le 15 janvier. Les fruits tombent de l'arbre avant maturité complète.

On décrit même une quatrième saison de maturité qui se poursuit jusqu'au mois de février.

C) Précautions au cours du stockage.

En pratique il appartient au récoltant de conserver ses pommes jusqu'à ce qu'elles soient aptes à être livrées au fabricant. Cette conservation est le plus généralement effectuée à l'air libre, sur le sol des vergers, sans protection contre les intempéries et les prédateurs.

Il est cependant nécessaire de protéger les pommes contre l'humidité, les variations brutales de température et particulièrement contre la gelée. Les pommes, en effet, gèlent à — 2°, — 3° et développent dans ces conditions diverses maladies : cœur brun (*brown core*), décomposition interne (*internal breakdown*), maladie vitreuse, etc. toutes hautement dommageables à la qualité du produit fini.

Certes, les récoltants connaissent ces aléas et couvrent leurs tas de pommes avec quelques sacs ou couvertures pour limiter les dégâts du gel.

C'est cependant insuffisant et il serait souhaitable qu'une revalorisation économique de la pomme à jus remette en fonction les « greniers à pommes » utilisés autrefois, en particulier dans le pays d'Auge, où les pommes, à l'abri des influences extérieures, arrivaient dans les meilleures conditions à leur degré optimum de maturité.

III

FABRICATION DU JUS DE POMME ET DE SON CONCENTRÉ

Les principaux produits que l'on peut classer, du point de vue de leur fabrication, dans le cadre de notre étude, peuvent être ainsi définis :

Jus de pomme trouble ;

Jus de pomme limpide ;

Concentré de jus de pomme ;

« Nectars » de pomme (sortes de « compotes » liquides obtenues par pression des fruits à chaud) ;

Jus congelé (pratiquement inconnu en France, mais connaissant un grand développement aux U. S. A. grâce à l'existence d'une chaîne du froid remarquablement organisée) ;

« Jus en poudre » (permettant de reconstituer le produit d'origine par simple dissolution dans l'eau).

Mais seuls les produits des trois premières catégories : jus de pomme trouble, jus de pomme limpide et concentré de jus de pomme sont actuellement fabriqués industriellement en Europe. Nous nous limiterons ici à leur étude.

En Europe, la fabrication se fait toujours en 3 temps :

1° Extraction du jus brut (trouble) (opération réalisée pendant une période plus ou moins longue au moment de la récolte) ;

2° Traitement sommaire du jus brut et stockage en attente de son utilisation (durée théorique maximum de ce stockage, un an d'une récolte à l'autre). A ce stade le produit prend le nom de jus mère suivant la terminologie que nous avons adoptée ;

3° Traitement du jus mère et conditionnement du produit commercial (jus de pomme) tout au long de l'année, au fur et à mesure des besoins.

Aux U. S. A., au contraire, le stockage du jus mère est en général supprimé et les jus sont pratiquement toujours traités et conditionnés immédiatement, au fur et à mesure de leur extraction, ce qui a l'avantage de supprimer un certain nombre de traitements et d'éviter la conservation délicate du jus en vrac.

I - Aperçu général des techniques de fabrication

La fabrication la plus simple est évidemment la fabrication du jus trouble.

L'obtention du jus limpide nécessite, en effet, l'intervention d'opérations supplémentaires destinées à éliminer les particules plus ou moins fines contenues en suspension dans le jus trouble.

1. Schéma de fabrication d'un jus trouble.

Schématiquement, la fabrication d'un jus de pomme trouble comporte les 8 groupes d'opérations suivants :

1° Stockage des pommes après leur récolte ;

2° Tri et lavage des pommes ;

3° Broyage ou râpage des fruits destiné à les amener à l'état de pulpe finement divisée, relativement homogène ;

4° Extraction du jus : c'est le domaine à peu près exclusif de la presse hydraulique unanimement adoptée dans le monde entier pour ce travail (le procédé par diffusion étant à peu près abandonné actuellement) ;

5° Tamisage du jus brut destiné à éliminer les matières en suspension les plus volumineuses ;

6° Centrifugation destinée à parfaire le travail du tamis en éliminant certaines matières en suspension encore assez volumineuses, non retenues par le tamis, ainsi que la plus grande partie des cellules de levure. Sans cette centrifugation, on ne pourrait parler de jus trouble, mais plutôt de jus bourbeux ;

7° Stockage à l'abri des contaminations du jus trouble ainsi obtenu (jus mère), précédé d'un traitement, en général thermique, (pasteurisation) destiné à préserver le jus contre tout début de fermentation. Cette pasteurisation a l'avantage supplémentaire d'améliorer sensiblement la stabilité du trouble ;

8° Conditionnement du jus dans l'emballage de vente accompagné d'un nouveau traitement « stérilisant », étant donnés les risques de contamination entraînés par les manipulations industrielles à partir de la cuve de stockage. Cette opération est, en général, réalisée suivant l'une des modalités suivantes :

a) Conditionnement immédiatement suivi d'une pasteurisation ordinaire,

b) Pasteurisation en continu du jus à sa sortie de la cuve de stockage et remplissage à chaud des récipients.

2. **Schéma de fabrication d'un jus de pomme limpide.**

Celle-ci commence par l'obtention d'un jus mère, trouble, correspondant exactement aux 5 ou 6 premières opérations intervenant comme indiquées ci-dessus dans la préparation du jus de pomme trouble.

C'est le jus mère trouble ainsi obtenu qui est stocké. Mais ici ce stockage peut être éventuellement effectué sous CO_2 suivant le procédé de Böhi, la précipitation du trouble qu'entraîne le CO_2 sous pression n'étant pas une gêne et facilitant, au contraire, les opérations ultérieures.

Ce n'est qu'après stockage et juste avant les opérations de conditionnement qu'interviennent les divers traitements de clarification du jus. Le plus important d'entre eux est un collage à la gélatine (+ tanin) qui doit être précédé éventuellement d'une dépectinisation du jus plus ou moins poussée suivant la teneur en pectine du jus.

En effet, la pectine se comporte comme un colloïde protecteur gênant la précipitation entraînée par le collage.

Le collage est suivi d'un débourbage au centrifugeur complété par une série de filtrations conduisant à l'obtention d'un jus parfaitement limpide et brillant.

C'est alors qu'interviennent les opérations de conditionnement du jus qui peuvent être effectuées comme indiqué pour le jus trouble, mais avec une possibilité supplémentaire à savoir : filtration stérilisante du jus sur filtres spéciaux suffisamment fins et conditionnement stérile.

Le Tableau I, page 60, résume les principales opérations de la fabrication des jus trouble et limpide. Il donne un aperçu comparatif général de ces deux fabrications et met en évidence leurs points communs, ainsi que leurs principales différences.

TABLEAU I

	FABRICATION D'UN	
	jus trouble	jus limpide
Extraction du jus brut.....	Stockage des pommes Tri et lavage. Râpage ou broyage. Extraction (pressurage).	Stockage des pommes. Tri et lavage. Râpage ou broyage. Extraction (pressurage).
Préparation du jus mère.....	Tamisage. Centrifugation.	Tamisage. Centrifugation.
Stockage du jus mère.....	Pasteurisation et stockage stérile.	*2 possibilités :* *a*) Pasteurisation et stockage stérile ; *b*) Stockage par procédé Böhi.
Clarification du jus mère.....		Dépectinisation si nécessaire. Collage (gélatine + tanin si nécessaire). Centrifugation ou filtration.
Conditionnement du jus de pomme..	*2 possibilités :* *a*) Conditionnement à froid suivi d'une pasteurisation ; *b*) Pasteurisation du jus en vrac et conditionnement à chaud.	*3 possibilités :* *a*) Conditionnement à froid suivi d'une pasteurisation ; *b*) Pasteurisation du jus en vrac et conditionnement à chaud ; *c*) Filtration stérilisante et conditionnement stérile.

3. Schéma de fabrication d'un concentré de jus de pomme.

Seuls les jus suffisamment limpides sont actuellement concentrés. La concentration d'un jus trouble ou incomplètement clarifié conduirait, en effet, à un produit bourbeux se rapprochant plus ou moins de la consistance d'une confiture et d'utilisation malaisée.

La dégradation très complète de la pectine est indispensable afin d'éviter une prise en masse du concentré au cours du stockage, par formation d'un gel pectine — sucre — acide malique.

La clarification est effectuée immédiatement après l'extraction du jus brut. Elle est le plus souvent précédée d'une pasteurisation destinée à préserver le jus pendant la durée des opérations de clarification qui peut être d'autant plus longue qu'il s'agit d'opérer une clarification très poussée.

C'est le concentré qui est stocké après une nouvelle pasteurisation sous atmosphère de CO_2 à basse température (afin d'éviter au maximum les risques de brunissement), en attente de son conditionnement, pratiquement toujours effectué par pasteurisation et remplissage à chaud, le chauffage correspondant à la pasteurisation intervenant non seulement pour la protection du produit contre les micro-organismes, mais aussi pour rendre le concentré plus fluide et faciliter les opérations de remplissage.

La succession des différentes opérations de la fabrication du concentré de jus de pomme sont résumées schématiquement sur le Tableau II, page 62.

TABLEAU II

FABRICATION D'UN CONCENTRÉ DE JUS DE POMME

Extraction du jus brut.....	Stockage des pommes Tri et lavage. Râpage ou broyage. Extraction (pressurage).
Préparation du jus mère.....	Tamisage. Centrifugation.
Préservation contre tout début de fermentation pendant les opérations de clarification.....	Pasteurisation.
Clarification.....	Dépectinisation poussée. Collage à la gélatine. Débourbage au centrifugeur. Filtration poussée.
Concentration.....	Passage au concentrateur sous vide
Stockage du concentré.....	Pasteurisation et stockage en tank à basse température (6°) sous atmosphère de CO_2.
Conditionnement.....	Pasteurisation et remplissage à chaud.

4. **Lutte contre les altérations dues aux métaux.**

Il s'agit d'un impératif commun à toutes les fabrications de jus de pomme ou de son concentré : élimination de tout contact métallique nocif, à savoir essentiellement :

du fer qui donne une coloration très marquée ;

du cuivre qui intervient en même temps que le fer comme catalyseur, en particulier d'oxydation et d'hydrolyse ;

du zinc passant en solution sous forme de sels pouvant être toxiques.

L'élimination complète des traces de ces métaux dans les jus nécessite l'utilisation, tout au cours de la fabrication, d'un matériel spécialement construit ou traité.

L'acier inoxydable est le matériau de choix : seul son prix très élevé en limite pratiquement l'usage.

L'aluminium est le seul métal pouvant être utilisé mais à condition d'être bien isolé électriquement du sol, afin d'éviter la formation de courants galvaniques. Il sert, ainsi que certains alliages aluminium-manganèse, à la fabrication de tanks de stockage ou de certaines tuyauteries fixes.

Mais, c'est l'acier vitrifié ou recouvert de différents enduits plastiques qui est de loin le plus utilisé.

L'acier émaillé (avec des émaux dit « alimentaires » exempts de plomb) a été pratiquement abandonné, car le moindre choc provoque un écaillage de l'émail.

Par contre, on rencontre fréquemment de l'acier recouvert d'enduits à base d'asphalte, de brai, de paraffine et de cire qui présentent de nombreux avantages pratiques à côté d'un inconvénient important : l'impossibilité de stérilisation à la vapeur qui ramollit l'enduit.

On utilise également, depuis quelques années, soit des tanks entièrement en matière plastique (polyester armé à la laine de verre, stérilisable à 127°), soit de l'acier revêtu de polyester cuit au four. En cas de choc provoquant une déchirure de l'enduit, la réparation peut être facilement effectuée sur place, la partie réparée étant « cuite » à l'aide de lampes à infrarouge.

On rencontre également des cuves d'acier simplement doublées à l'aide de feuilles de matière plastique soudées entre elles.

La matière plastique sert également pour la confection des tuyauteries, mais elle présente l'inconvénient d'exiger un nettoyage très minutieux.

Les fabricants français de jus de pomme et de concentré ont fait des efforts tout particuliers dans cette lutte contre la contamination par les métaux et leurs produits ne renferment, en général, strictement que le fer et le cuivre biologiques issus des fruits.

Notons, à titre d'information, les taux limites maxima en différents métaux rassemblés dans le Tableau III ci-dessous, proposés pour les produits alimentaires par la Société des Experts Chimistes de France, taux en-dessous desquels la présence du métal doit être considérée comme normale et non comme consécutive à une contamination :

TABLEAU III.

	Taux limite proposé par la Société des Experts Chimistes de France, exprimés en mg/l	
Métaux dangereux :		
Antimoine	0,3	
Arsenic	0,3	
Cadmium	0,5	
Cuivre	8	
Plomb	0,3	
Zinc	5	
Métaux non toxiques :		
Aluminium	50	(porté à 100 mg °/$_{oo}$ dans le cas d'aliments conservés dans l'aluminium)
Chrome	0,1	
Etain	250	
Fer	50	
Nickel	3	

II - Opérations principales de la fabrication du jus de pomme et de son concentré

Notre but est d'envisager les principales opérations de la fabrication du jus de pomme et de son concentré de façon très succincte, en laissant volontairement de côté l'aspect « technologique » de la question, mais en centrant notre attention sur l'importance que peuvent revêtir ces opérations du point de vue de la qualité hygiénique du produit fabriqué.

Nous ne passerons en revue que les opérations industrielles les plus couramment utilisées, laissant de côté celles qui ne sont employées qu'exceptionnellement ou dans un nombre restreint d'usines.

1. **Stockage des pommes à l'usine avant leur mise en travail.**

Ce stockage est le plus généralement, en France, réalisé sans grandes précautions particulières. Les pommes sont amenées par des

camions-bennes et simplement déversées dans la cour de l'usine, dans de vastes silos en ciment à ciel ouvert, munis en leur axe d'un caniveau hydraulique.

Les pommes sont reprises à la partie inférieure du silo au moment de leur utilisation par l'intermédiaire de ce caniveau hydraulique dans lequel elles se trouvent entraînées par un courant d'eau.

La durée totale de ce stockage des pommes, dans la cour de l'usine, atteint souvent quelques semaines.

Aux U. S. A. où l'on attache une plus grande importance au stockage des pommes avant leur mise en travail, on recommande le stockage en casiers permettant une circulation facile d'air. Ces casiers qui sont étudiés pour être faciles à nettoyer, ont une profondeur ne dépassant pas 1,20 m de façon à limiter les inconvénients dûs à l'amoncellement des fruits les uns sur les autres et à leur échauffement.

2. **Tri des pommes au moment de leur mise en fabrication.**

Ce tri est principalement justifié, en pratique, par le fait que certaines moisissures, spécialement celles du genre *Penicillium*, ont un goût de moisi extrêmement prononcé.

Par contre, les flétrissures et les défauts communs autres que les moisissures : taches de gale, piqûres de parasites, etc. ne modifiant pas sensiblement la qualité du jus final, sont jugés parfaitement acceptables.

Le procédé de transport des fruits du silo au matériel de râpage par entraînement dans un courant d'eau constitue déjà un triage automatique des pommes. En effet, les pommes pourries se gonflent, se désagrègent et tombent au fond des caniveaux de transport, alors que les pommes saines seules flottent.

Mais, de plus, les fabricants français les mieux outillés prévoient maintenant un poste de triage permettant à du personnel, en général féminin, d'inspecter au passage les pommes entraînées dans le caniveau hydraulique et d'éliminer les fruits défectueux.

3. **Lavage des fruits.**

Les pommes, étant donné en particulier leur mode de récolte doivent obligatoirement être lavées avant d'être mises en travail pour éliminer toutes les souillures y adhérant. Ce lavage est effectué simplement à l'eau courante froide et doit éliminer également, aussi complètement que possible, les traces d'arsenic et de plomb pouvant provenir de l'emploi de l'arséniate de plomb comme produit antipa-

rasitaire dans le traitement des pommiers (en vérité risque à peu près nul en France). Différents types d'appareillages sont utilisés.

En général, les pommes en provenance du silo de stockage tombent dans une rigole cimentée dans laquelle elles sont emportées par un fort courant d'eau vers un bassin de décantation, d'où elles sont reprises par un élévateur à godets. Un rinçage est, en général, réalisé par une succession de jets pendant l'élévation des godets qui conduisent directement les pommes dans le réservoir situé au-dessus des râpes ou des broyeurs.

4. **Râpage ou broyage des pommes.**

Après lavage, les pommes doivent être râpées ou broyées avant d'être pressées. Cette opération est indispensable, étant donnée la consistance solide de la pulpe, pour obtenir par la pression une extraction efficace du jus.

La pratique industrielle utilise à peu près exclusivement le râpage qui conduit à une pulpe plus fine. Seuls les particuliers se servent encore de broyeurs pour leur fabrication familiale de jus de pomme.

Les râpes industrielles, appareils très robustes, les mêmes d'ailleurs que ceux employés dans la fabrication du cidre, sont assez souvent placées directement au-dessus du pressoir dans le distributeur duquel la pulpe tombe ainsi par simple gravité.

Une bonne râpe doit débiter une pulpe homogène, à grains fins, sans gros morceaux et ne présentant surtout pas de consistance pâteuse.

5. **Extraction du jus brut : Pressurage.**

Ce sont essentiellement des presses hydrauliques qui extraient le jus à partir des fruits râpés ou broyés.

Les presses mécaniques, du type à vis, donnant des jus insuffisamment limpides, ne sont plus utilisées maintenant que pour l'extraction des jus de distillerie.

Les pressions utilisées sont de l'ordre de 15 à 25 kg par cm^2. Il existe évidemment un assez grand nombre de modèles industriels de ces presses : qu'elles soient verticales ou horizontales. Toutes sont maintenant construites sur le type à toile et à claies qui, du fait de la division de la pulpe à presser en lits séparés par des claies ou clayons en bois, a permis d'augmenter le rendement en jus de 10 à 15 pour cent. Ces presses, étant donné leur mode de travail, sont encore souvent appelées : presses à paquets.

La hauteur du paquet de pulpe retenu entre deux claies par la toile convenablement pliée, est de l'ordre de 5 à 10 cm. Les toiles utilisées, autrefois en chanvre ou en coton sont maintenant le plus souvent en nylon.

Suivant le type de pressoir utilisé, le rendement en jus varie entre 60 et 75 pour cent, c'est-à-dire que 100 kg de pommes donnent 60 à 75 litres de jus. Ce rendement est évidemment sous l'influence de nombreux facteurs parmi lesquels principalement la variété, la saison de récolte, l'origine géographique, le type de râpe, etc. et les conditions de conservation des pommes — les fruits fraîchement récoltés ayant évidemment tendance à maturité égale, à donner plus de jus que les mêmes pommes après stockage.

Le résidu de l'extraction du jus que l'on appelle « marc », est récupéré car il est utilisable à différentes fins, en particulier dans l'alimentation animale et pour la fabrication de la pectine dans le cas de pommes pas trop mûres où le marc reste encore riche en protopectine insoluble.

6. **Tamisage.**

Cette opération est effectuée soit à l'aide de cribles rotatifs dits encore « en cage d'écureuil », soit le plus souvent par un tamis vibrant, réglé de façon à ne pas provoquer une aération trop importante du jus.

7. **Centrifugation.**

Le trouble des jus de fruits étant constitué par des matières plus denses que le jus lui-même, il est possible de les séparer par centrifugation.

Toutefois, étant donné qu'il s'agit essentiellement de suspensions colloïdales, il faut pour obtenir leur sédimentation, des appareils très puissants, tournant à très grande vitesse et que l'on n'hésite pas à désigner dans le commerce sous le nom de super-centrifugeurs. (On utilise couramment des vitesses de 15 000 tours/minute).

Les centrifugeurs modernes spécialement construits entièrement en acier inoxydable, ont surtout été étudiés de façon à éviter le plus possible de mélanger les jus avec l'air. De plus, l'on prend, lors de leur utilisation, de nombreuses précautions en travaillant toujours en particulier avec des centrifugeurs parfaitement remplis.

Le jus obtenu par centrifugation n'est pas parfaitement limpide. Il est encore opalescent, mais n'a pas de particules visibles en suspension. Il est relativement stable : le dépôt qui peut se produire

pendant le stockage est léger et facile à remettre en suspension par agitation. A ce stade, comme nous l'avons vu, ce jus prend le nom de jus mère.

8. **Stockage du jus mère.**

Ce stockage réalisé de façon à peu près constante en Europe et qui, comme nous l'avons vu, n'est, en général, pas pratiqué aux U. S. A., a un double but : il permet, d'une part, de répartir le conditionnement du jus tout au long de l'année, en suivant exactement les besoins de la clientèle, et, d'autre part, de standardiser, par des mélanges de jus entre eux, la qualité du produit commercial.

Mais, il présente, par contre, certaines difficultés non négligeables.

Il est certain que le but à rechercher pour une meilleure qualité des jus de fruits étant la réduction des opérations auxquelles on doit les soumettre industriellement, la solution américaine du conditionnement immédiat semble, à priori, préférable à celle du stockage préalable. En effet, après son stockage qui nécessite obligatoirement l'intervention d'une opération destinée à éviter tout départ de fermentation, le jus doit encore être soumis à un nouveau traitement au moment de son conditionnement de façon à le mettre à l'abri de toute contamination par micro-organismes au cours de cette opération et à lui assurer, en conséquence, une bonne conservation dans son conditionnement définitif. Le stockage préalable des jus conduit donc à effectuer sur ces jus, par des procédés variés, deux « traitements » au lieu d'un seul dans le cas de conditionnement immédiat au moment de la fabrication.

En dehors des questions de matériaux utilisés pour les tanks ou cuves servant au logement du jus trouble, le stockage de ce produit se réduit essentiellement à un problème de conservation.

Le jus mère trouble, tel qu'il sort du centrifugeur, est un produit essentiellement instable. Abandonné à lui-même, sans autre traitement, il ne tarderait pas, en effet, à entrer en fermentation dès que les conditions nécessaires au développement des micro-organismes et principalement des levures qu'il renferme, se trouveraient réalisées.

Sa conservation nécessite donc de le préserver contre toute fermentation, c'est-à-dire de le soustraire à l'action des levures et de leurs enzymes dont il est impossible d'éviter la présence au sein du jus.

Notons qu'en pratique la préservation du jus de pomme contre la fermentation est souvent appelée « stérilisation ». Ce terme n'est

certes pas exact, mais il trouve sa justification dans le fait que dans le milieu acide constitué par le jus de pomme les précautions prises au cours des manipulations et les traitements effectués conduisent, ainsi que nous aurons l'occasion de le vérifier, à des produits pratiquement stériles.

Cette préservation des jus de pomme contre la fermentation peut être théoriquement réalisée par la mise en œuvre de différentes techniques. Mais, en fait, deux groupes seulement de techniques sont utilisées :

— Addition d'antiseptiques ;

a) Anhydride sulfureux,

b) Gaz carbonique sous pression (dit procédé de Böhi) ;

— Pasteurisation ou préservation par la chaleur.

Nous allons passer rapidement en revue ces différents procédés, en insistant davantage sur le stockage sous pression de CO_2 et sur le stockage par pasteurisation qui sont de loin les plus utilisés.

A) Conservation par addition d'anhydride sulfureux.

Le SO_2 est le seul antiseptique autorisé en France pour la préservation des jus de fruits, à la condition encore — comme nous l'avons vu — qu'il n'en reste pas plus de 100 mg par litre dans le produit livré à la consommation (et même 50 mg par litre au maximum pour les jus catégorie extra de la norme AFNOR).

Or, pour tuer ou au moins inhiber les levures, il faut utiliser des doses de SO_2 variant entre 0,30 et 1 g par litre, doses rendant d'ailleurs le produit rigoureusement impropre à la consommation et même dangereux.

Aussi la conservation des jus par SO_2 doit-elle être suivie d'une « désulfitation » efficace au moment du conditionnement du jus en bouteilles ou en boîtes.

Cette « désulfitation » est obtenue par chauffage du produit. On réalise évidemment ce chauffage sous vide partiel de façon à ne pas dépasser la température de 60 ou 65° (limite au-delà de laquelle le jus prend un goût de cuit).

Mais il s'agit, en vérité, d'une opération délicate, difficile à réaliser de façon complète étant donnée l'existence de combinaisons chimiques se formant entre le SO_2 et certains constituants du jus de pomme, principalement les sucres. Ces combinaisons ont fait l'objet de très nombreux travaux, de même d'ailleurs que l'action éventuelle du SO_2 sur les vitamines des jus de fruits. Le SO_2 agissant comme

antioxygène protégerait la vitamine C, bien que cette opinion ne soit pas partagée par tous les auteurs. Par contre, son action néfaste certaine sur la vitamine B_1 n'est pas discutée.

De plus, à moins d'opérer la désulfitation et le conditionnement du jus de façon rigoureusement stérile, il est bien évident que le jus désulfité devra être encore pasteurisé au moment de son conditionnement.

Ainsi, l'emploi du SO_2 comme agent conservateur du jus de pomme n'a même pas l'avantage de supprimer le chauffage des jus, tandis que la désulfitation fait perdre une partie importante des « arômes » du jus de pomme. Aussi, est-ce un procédé pratiquement inutilisé actuellement dans l'industrie du jus de pomme.

Le seul avantage pratique de la sulfitation est que le jus sulfité peut se contenter de récipients très quelconques pour sa conservation. Tous les tonneaux, tous les foudres en bois en bon état, toutes les cuves en ciment enduit peuvent convenir.

Notons encore que le procédé de conservation par addition de SO_2 peut être combiné avec le procédé de pasteurisation. Une expérience industrielle récente effectuée dans ce sens a permis de réduire la dose de SO_2 nécessaire à 550 mg par litre.

B) Conservation par le procédé Böhi.

Le procédé Böhi, ainsi appelé du nom de son inventeur d'origine suisse, qui n'a fait d'ailleurs que s'inspirer de la méthode de conservation du champagne sous pression de gaz carbonique mise au point par Dom Pérignon, est basé sur l'inhibition des cellules de levure par l'addition au jus d'acide carbonique à raison de 15 g par litre à 15°. En vérité, seule la fonction végétative, c'est-à-dire la fonction de reproduction de la cellule de levure est inhibée, la fonction ferment subsistant au contraire. D'autre part, le CO_2 sous pression n'a pratiquement aucune action sur les bactéries et les moisissures.

Comme après tamisage et centrifugation du jus brut il reste quelques levures présentes dans le jus, celles-ci vont pouvoir, au cours du stockage par procédé Böhi, produire de très petites quantités d'alcool. Il s'agit d'un phénomène très limité, puisque ces quelques levures ne se reproduisent pas et ne tarderont pas à mourir. Il explique, cependant, que la loi suisse, pays où le procédé Böhi a vu le jour et est toujours très employé, accepte une tolérance d'alcool dans les jus de pomme dont le taux, dans le produit fini, doit être inférieur à 0,7 degré alcoolique.

Ce procédé, très répandu en Suisse, présente l'inconvénient de nécessiter une cuverie spéciale et réfrigérée dont les frais d'installation et d'entretien sont très élevés.

En effet, à 15° un jus saturé à 15 g d'acide carbonique par litre soumet le récipient qui le contient à une pression de 7,5 atmosphères. Seules des cuves en acier peuvent résister à cette pression. Et comme le jus de pomme attaque l'acier, il faut utiliser de l'acier inoxydable, ou alors revêtir les cuves intérieurement d'un enduit isolant spécial.

La totalité de la robinetterie et de la tuyauterie équipant ces cuves doit être en acier inoxydable.

Enfin, les tanks Böhi doivent être presque obligatoirement logés en cave réfrigérée artificiellement pour les deux raisons suivantes :

a) D'une part, pour éviter toute montée exagérée de la pression dans les cuves. La pression de 7,5 atmosphères à 15° tombe à 4,4 atmosphères à 3°. Une cave réfrigérée, réglée entre + 3 et + 6° permet ainsi d'utiliser des tanks timbrés à une pression ne dépassant pas 8 atmosphères, par conséquent d'un prix d'achat moins onéreux ;

b) D'autre part, l'acide carbonique n'inhibant pas le développement des bactéries anaérobies, ces organismes tendraient à envahir le milieu si la température dépassait 15°. Leur multiplication entraînerait la production d'acides communiquant au jus une saveur désagréable. Au contraire, aux environs de 5°, la multiplication de ces organismes est pratiquement nulle.

Dans le cas où l'on ne dispose pas de cave réfrigérée, on élimine l'action nocive des bactéries anaérobies en faisant simplement précéder le stockage par procédé Böhi d'une pasteurisation.

En pratique, les opérations de stockage suivant le procédé Böhi sont ainsi conduites :

Les tanks sont désinfectés par un courant de SO_2 ou par des vapeurs de formol. Le gaz désinfectant est chassé par remplissage du tank avec de l'eau stérilisée sur filtre Seitz. L'eau est ensuite chassée par du CO_2 et les tanks sont conservés ainsi jusqu'à leur utilisation sous une pression de 2 kg de CO_2, ce qui permet de vérifier leur étanchéité.

Avant d'introduire le jus dans le tank, celui-ci est, au préalable, chargé en CO_2 jusqu'à une pression de 7,5 atmosphères à 15°.

Le jus sous pression de CO_2 entre par le bas du tank et le CO_2 repris par le haut du tank est renvoyé à la pompe d'imprégnation.

C) Conservation par pasteurisation.

La pasteurisation est certainement le procédé de préservation contre le développement des micro-organismes le plus universellement utilisé pour la conservation des jus de fruits, du jus de pomme en particulier.

En pratique, la pasteurisation des jus de pommes est basée sur le fait que les levures, ainsi d'ailleurs que pratiquement tous les autres micro-organismes (germes microbiens et champignons inférieurs, sauf quelques spores) et les enzymes ne résistent pas dans le milieu liquide acide constitué par le jus de pomme, au maintien pendant 20 à 30 minutes à une température voisine de 65°, ou même pendant un temps nettement plus court à une température plus élevée.

Suivant les cas, on parle de :

— Pasteurisation basse : c'est par définition, un chauffage pendant 30 minutes à 63° ;

— Pasteurisation haute : c'est, par définition, un chauffage pendant une minute à 90° ;

— Pasteurisation au-dessus de 100° (sous pression) pendant quelques secondes seulement. Ce procédé très utilisé industriellement est souvent appelé en France « pasteurisation éclair » ou upperisation (130° à 150° pendant une fraction de seconde).

Les auteurs anglo-saxons le désignent par le terme de *flash-pasteurisation* et les auteurs germaniques par celui de *Blitzpasteurisation.*

Il faut citer aussi, bien qu'elle ne soit pratiquement pas utilisée dans l'industrie du jus de pomme, la stassanisation qui, par définition, est un chauffage à 75° pendant 15 secondes.

En vérité, les conditions de température et de temps mises en œuvre en pratique sont variables et tous les intermédiaires entre les chiffres cités ci-dessus peuvent être rencontrés. D'ailleurs les conditions opératoires exactes sont rarement précisées, même par les fabricants d'appareils de pasteurisation. Il est excessivement rare que le temps de chauffage pour amener le jus à la température de pasteurisation soit exactement connu, pas plus d'ailleurs que le temps de refroidissement. Or, le maintien du jus à une température légèrement en-dessous de la température de pointe mais encore relativement élevée est un facteur qui est loin d'être négligeable. Mais, en pratique, un certain empirisme préside encore à la conduite des opérations industrielles de pasteurisation.

Notons simplement que, pour une température de chauffe donnée, le temps de chauffe peut être d'autant plus réduit pour obtenir le même effet que le milieu est plus acide et, qu'en dehors de la pasteurisation éclair au-dessus de 100°, l'une des conditions opératoires le plus fréquemment rencontrée dans l'industrie du jus de pomme est le chauffage à 72° pendant 5 à 7 minutes.

Quelles que soient les conditions de sa réalisation, en dehors de son effet principal qui est l'inhibition des germes et l'inactivation des enzymes, la pasteurisation ne va pas sans entraîner un certain nombre d'actions secondaires que les techniques modernes s'ingénient à diminuer le plus possible :

Certains enzymes détruits par la chaleur interviennent dans le développement normal du « bouquet » du jus de pomme. Leur destruction s'accompagne donc d'une légère modification de ce bouquet.

Le chauffage des jus correspondant à la pasteurisation, provoque une coagulation des protides donnant un trouble qui reste d'ailleurs en suspension.

Le chauffage prolongé au-delà de 60°, tel qu'il est réalisé par la pasteurisation classique, peut amener un léger brunissement du jus de pomme. Les autres procédés de pasteurisation, bien que soumettant le jus à des températures nettement plus élevées, évitent cet inconvénient pour la double raison que le temps de chauffage et celui de refroidissement sont extrêmement réduits et que le chauffage est, en général, réalisé avec du matériel travaillant en continu, à l'abri de l'air.

Notons encore que les vitamines — en particulier la vitamine C le plus généralement prise comme témoin — résistent parfaitement aux différents procédés de pasteurisation ou de pasteurisation éclair, à condition que des précautions soient prises pour mettre le produit à l'abri du contact avec des métaux (cuivre principalement).

Nous n'entrerons pas dans le détail des appareils industriels utilisés pour la réalisation des différentes formes de la pasteurisation, et surtout de la pasteurisation éclair appliquée aux jus mères. Leur conception même varie suivant le mode de chauffage utilisé, mais tous réalisent maintenant le chauffage du jus au cours de son écoulement régulier. Le temps de passage et la température de chauffe sont déterminés et réglés de façon à obtenir le résultat désiré.

Le jus circule dans ces appareils en couche aussi mince que possible, de façon à ce que la température à laquelle il est porté, soit aussi homogène que possible, sans aucune surchauffe.

Les procédés de chauffage les plus divers sont utilisés (vapeur, radiations infrarouges, etc...).

On utilise actuellement des appareils à régulateur automatique : si le jus n'a pas atteint la température de pasteurisation, il repasse automatiquement, tandis que l'eau de chauffage est automatiquement remontée en température. Le jus ne passe au refroidisseur que lorsqu'il a effectivement atteint la température fixée pour la pasteurisation.

Le principe de la conservation des jus mères consiste simplement à les entonner encore plus ou moins chauds après leur pasteurisation dans des récipients préalablement stérilisés, sans quoi l'opération de pasteurisation du jus aurait été parfaitement inutile, puisque le jus se trouverait à nouveau contaminé pendant son stockage.

La stérilisation industrielle étant une opération toujours délicate, il s'agit là d'un inconvénient pratique de la pasteurisation par rapport au procédé Böhi. En effet, si le procédé Böhi nécessite lui aussi une stérilisation préalable des récipients, celle-ci peut cependant être moins parfaite que dans le cas de la pasteurisation étant donnée la présence ultérieure de CO_2 sous pression jouant le rôle d'antiseptique.

Mais, par contre, le procédé de pasteurisation reprend l'avantage sur le procédé Böhi en se contentant, pour le logement, de matériaux moins onéreux que l'acier inoxydable des tanks Böhi, tels que :

— Tanks en aluminium pur ou en alliage alu-manganèse, la paroi intérieure de ces tanks pouvant être utilisée nue, sans protection aucune ;

— Ou même simples cuves en ciment protégées intérieurement par un enduit.

Dans le cas de tanks en aluminium, la stérilisation est obtenue soit par la vapeur sous pression à 110°, pendant 2 à 3 heures, soit simplement par de l'eau bouillante.

La vapeur ou l'eau sont ensuite chassées par introduction dans le tank d'air stérile.

Dans le cas d'utilisation pour le stockage de cuves en ciment protégées intérieurement par un enduit, celui-ci se ramollissant à chaud, la stérilisation est effectuée par emplissage de la cuve avec du SO_2 ultérieurement chassé par l'air stérile.

Les jus de pomme sortant du pasteurisateur sont alors introduits, après avoir été refroidis vers 40°, dans les tanks ou dans les cuves que l'on remplit complètement en faisant même déborder. On lute

alors immédiatement au talc-silicate de Na un filtre à air constitué très simplement par un tube en U en verre garni de coton stérile dans la tige et d'acide sulfurique dans la partie coudée.

Bien conduit, le procédé de stockage des jus par pasteurisation permet l'obtention de jus n'ayant subi aucune surchauffe et de qualités gustatives parfaites.

Dans certains cas de toutes petites fabrications, par exemple dans le cas d'une fabrication familiale de jus de pomme, la pasteurisation du produit pour assurer la conservation du jus peut être réalisée « en discontinu » sur le jus contenu dans des récipients de volume plus ou moins grand.

Dans ce cas, il faut citer un procédé de chauffage assez original, mis au point en Suisse : le chauffage électrique dans lequel le jus lui-même sert de résistance. Des résistances électriques plongent dans le jus à chauffer, entre lesquelles est appliqué un courant électrique alternatif (pour éviter l'électrolyse). Le passage du courant échauffe le jus. Un réglage permet de maintenir la température au voisinage de 75°. Bien entendu, on opère dans des récipients étanches (type bonbonnes) protégés des réinfections.

Cas particulier de stockage par pasteurisation du concentré de jus de pomme

Le concentré de jus de pomme étant, du fait même de sa concentration (teneur moyenne en sucres environ 800 g par litre), à l'abri — au moins en principe — de toute prolifération microbienne, son stockage après pasteurisation ne nécessite pas un logement stérile.

Mais, en vérité, l'expérience des industriels a prouvé que la mise à l'abri de prolifération microbienne par concentration était loin d'être toujours parfaite. D'autre part, le concentré de jus de pomme est sujet, comme nous le verrons plus loin, à brunir au cours de son vieillissement.

Aussi, dans le double but d'éviter tout risque de développement de microbes ou de champignons et de limiter au minimum l'apparition du phénomène de brunissement, a-t-on pris l'habitude de stocker le concentré de jus de pomme, après pasteurisation, dans des tanks maintenus en cave à température relativement basse (de l'ordre de 6°) et sous atmosphère de CO_2 à la pression atmosphérique.

La basse température et l'absence d'oxygène au-dessus du concentré empêchent le développement de micro-organismes et

suppriment ou ralentissent considérablement les réactions chimiques d'oxydation qui sont un des principaux facteurs de brunissement.

9. **Dépectinisation.**

Nous savons qu'au cours de la maturité de la pomme, la protopectine insoluble du fruit vert se transforme en pectine qui, du fait de sa solubilité, passe, elle, dans le jus au moment de l'extraction.

Ainsi la teneur en pectine du jus de pomme est-elle variable suivant la maturité des fruits utilisés. Normalement un litre de jus de pomme ne contient que quelques grammes, parfois même seulement quelques décigrammes, de matières pectiques. Mais si le fruit est très mûr, voire blet, la teneur en matières pectiques s'élève considérablement et peut atteindre 10 à 15 g et même plus par litre.

La pectine est une matière colloïdale de haut poids moléculaire qui intervient dans les jus de fruits comme colloïde protecteur stabilisant la suspension des autres particules du jus. Sa destruction par hydrolyse permet de faciliter grandement les opérations de clarification, elle est même souvent indispensable pour permettre une clarification correcte.

On utilise pour la dépectinisation des jus un enzyme pectinolytique : la pectinase, extrait principalement de cultures de différents champignons du genre *Penicillium* ou *Aspergillus.*

La préparation des enzymes pectinolytiques à partir des cultures de *Penicillium* ou *Aspergillus* est faite assez simplement en lavant le mycelium à l'eau et en précipitant l'extrait aqueux par l'alcool.

Les ferments clarifiants du commerce sont, en vérité, des mélanges contenant à côté de la pectinase, de la pectolase et de la pectase fixés sur un support inerte.

La pectinase, enzyme actif principal a pour effet — comme nous l'avons vu — d'hydrolyser la pectine en la transformant en acide d-galacturonique et en éther méthylique de cet acide.

Etant donnée sa nature même, l'opération de clarification enzymatique est fonction des différents facteurs qui influencent habituellement l'activité des enzymes tels que pH, température, concentration, temps d'action, etc.

En général, pour chaque fabrication, on procède d'abord à des essais destinés à établir les concentrations et les conditions convenables de travail.

Ces essais sont principalement basés sur un test viscosimétrique (au viscosimètre d'Oswald). En effet, la viscosité des jus de pomme est liée de façon directe à leur teneur en pectine.

Les jus traités aux enzymes voient leur viscosité réduite à peu près à celle de l'eau. Ceci présente un avantage pratique, car la filtration ultérieure des jus ainsi traités se trouve considérablement facilitée.

Mais, considéré du point de vue des caractères organoleptiques et gustatifs, ce manque de viscosité est, au contraire, parfois un désavantage non négligeable et il est parfois souhaitable pour le caractère gustatif du jus de ne pas détruire complètement la pectine.

En effet, ce sont les matières pectiques qui donnent le « velouté » au jus de pomme. Si elles sont complètement absentes, le jus manque de corps. En vérité, les avis sont partagés. Certains dégustateurs préfèrent une boisson légèrement opalescente mais savoureuse au palais, d'autres une boisson limpide et brillante mais dépourvue, au contraire, de cette sensation agréable au palais.

Pour conduire leur dépectinisation, les industriels jouent sur les 3 paramètres dont ils sont maîtres, intervenant dans l'action des enzymes, à savoir :

— température de dépectinisation ;
— durée de la dépectinisation ;
— quantité d'enzyme utilisée.

Pour limiter au maximum la quantité d'enzyme à utiliser, les fabricants augmentent la température de dépectinisation (35° ou même 37 à 39°) et la durée de celle-ci. Mais alors intervient le risque de départ de fermentation alcoolique avec lequel il faut composer. Aussi, dans le cas de dépectinisation très poussée, on pasteurise les jus immédiatement avant l'opération.

10. **Collage.**

Le collage est l'opération classique qui consiste à incorporer aux jus de fruits des substances qui favorisent la floculation des particules en suspension. Un assez grand nombre de substances est utilisable, mais, en pratique, dans l'industrie du jus de pomme c'est le collage à la gélatine-tanin qui est le seul utilisé.

L'addition de petites quantités de gélatine à un jus contenant du tanin entraînera la coagulation de la gélatine par formation de complexes gélo-tanin qui, en se déposant, vont entraîner et précipiter les autres particules en suspension.

Mais un excès de gélatine risque de protéger et de stabiliser les colloïdes : elle peut elle-même former, en effet, des suspensions colloïdales stables. D'autre part, la gélatine a tendance à réagir avec

les pigments anthocyaniques : à trop forte dose, elle décolorera les jus. De même, si l'on en emploie trop, le goût des jus devient désagréable.

Il est donc important, lors du collage à la gélatine, de ne pas effectuer de « surcollage » suivant la terminologie des professionnels, c'est-à-dire d'être bien certain que toute la gélatine utilisée a été effectivement précipitée par le tanin.

Le taux de gélatine nécessaire doit toujours être déterminé préalablement pour chaque jus et pour chaque type de gélatine utilisée. (On peut le faire au laboratoire sur échantillon de 100 ml où on ajoute de 2 à 10 ml de solution de gélatine à 1 pour cent. Quand on a déterminé la quantité optimum, en la dissout dans une partie du jus à traiter que l'on mélange sous agitation au reste du jus).

En Europe, les jus de pomme contiennent en général suffisamment de tanin pour permettre directement un collage à la gélatine efficace.

Par contre, aux U. S. A. où les jus en contiennent très peu, on ajoute du tanin avant d'employer la gélatine.

11. **Filtration.**

Presque tous les filtres industriels existant sur le marché conviennent pour la filtration des jus de pomme. Il suffit qu'ils soient construits en matériaux inattaquables par les acides de la pomme, de préférence en acier inoxydable et que, de plus, ils travaillent autant que possible à l'abri de l'air. Suivant les cas et suivant la nature du matériel utilisé, la filtration s'effectue avec ou sans adjuvant de filtration, tel que terre d'infusoires (*Guhr*, *Kieselguhr*), cellulose, amiante, bentonite, montmorillonite...

12. **Concentration du jus de pomme.**

Pour avoir droit à l'appellation « concentré de jus de pomme » aux termes de l'Arrêté du 28 janvier 1954, la concentration doit être telle que la densité du produit obtenu soit de 37° Baumé au minimum.

En pratique, les industriels concentrent jusqu'à 37,5° Baumé (correspondant à une densité moyenne de 1 351,2), ce qui donne des concentrés renfermant 600 g de sucre environ au kilog, soit 800 g par litre.

Le concentré de jus de pomme étant un produit de densité fixe par définition, le rapport de concentration par rapport au jus initial est évidemment fonction de la densité de celui-ci.

Avec un jus de pomme de densité moyenne aux environs de 1 050, le coefficient de réduction est 7,5 à 8.

Mais, en cas de mauvaise année, les jus n'ayant qu'une très faible densité, le coefficient de réduction est nettement plus élevé,

En ce qui concerne la sensibilité au développement des micro-organismes, le concentré de jus de pomme n'a pas répondu tout à fait aux espoirs que l'on avait fondés sur lui au début. On avait espéré, en effet, que la concentration mettrait complètement le produit à l'abri de toute prolifération microbienne.

En vérité, la concentration à 37° Baumé n'est pas suffisante pour éviter toute culture et l'on doit encore se méfier du risque de développement des levures, moisissures ou certaines bactéries qui est fonction du récipient de garde utilisé.

Pour la concentration, il est nécessaire — comme nous l'avons vu — de partir d'un jus de pomme parfaitement clarifié et dépectinisé et très soigneusement filtré (on opère couramment jusqu'à 3 filtrations successives sur des filtres dont les pores sont de diamètre de plus en plus petit).

A défaut de ces précautions, on s'exposerait à des risques de véritable prise en masse du produit au cours de la concentration ou même simplement à des précipitations sur les parois de chauffe entraînant l'apparition d'un goût de « cuit » prononcé.

La concentration est effectuée immédiatement à la suite des opérations de clarification, dans des appareils le plus souvent à 3 effets, travaillant à basse température, sous vide.

Lors du premier effet, le jus est porté à 60-70° maximum, sous vide partiel, tandis qu'au troisième effet, la température est au maximum de 40° sous vide plus poussé.

Le concentré amené entre 37 et 38° Baumé, est refroidi avant sa sortie de l'appareil.

L'ensemble de l'opération dure, suivant les appareils, de quelques secondes à quelques minutes au plus, si bien que l'on parle couramment de « flash-concentration ».

Ainsi travaillé, le concentré de jus de pomme est préservé de toute caramélisation des sucres et ne présente aucun goût de cuit.

Mais quelles que soient les précautions prises pour la concentration industrielle des jus de pomme, il est bien évident qu'il est impossible d'empêcher qu'à côté de l'eau, soient éliminés en même temps, lors de la concentration, d'une part les produits type « aldéhydes » nettement plus volatils que l'eau, d'autre part certains produits type « esters » bouillant au-dessus de 100° sous la pression

atmosphérique, mais entraînables par la vapeur d'eau, parmi lesquels les arômes qui sont, en grande partie, le support des qualités gustatives du jus de pomme.

Pour éviter cet inconvénient, des procédés de récupération des arômes et de réintégration de ceux-ci aux concentrés de jus de pomme ont été mis au point récemment.

13. **Conditionnement du jus de pomme ou de son concentré.**

A) Récipient servant au conditionnement.

A côté des outres, tubes ou « berlingots » en matière plastique, deux catégories de récipients sont couramment utilisés pour la présentation du jus de pomme au consommateur :

a) *La bouteille de verre hermétiquement bouchée.*

La fermeture est, en général, effectuée avec une capsule « couronne » classique et la principale difficulté de fabrication réside précisément dans l'obtention industrielle de bouteilles à goulots parfaitement réguliers, de façon à assurer un bouchage irréprochable (capable de conserver le vide éventuel).

Notons aussi que l'on utilise encore assez fréquemment la bouteille de verre avec fermeture à système, type « canette de bière ».

b) *La boîte métallique.*

Type boîte de conserve, d'apparition plus récente en Europe, mais en voie de supplanter le verre du fait de ses nombreux avantages pratiques :

— plus grande résistance aux chocs mécaniques et à la pression ;

— insensibilité aux chocs thermiques (alors que les bouteilles de verre épais habituellement utilisé ne peuvent subir sans dommage des changements brusques de température supérieurs à 10-12°) ;

— plus grande légèreté (réduction des frais de transport) ;

— emballage perdu donc pas de frais de retour.

La boîte métallique est particulièrement bien adaptée à l'emploi dans la pasteurisation, en raison de sa facilité de manutention automatique.

Elle réalise, d'autre part, une protection vis-à-vis des altérations dues à la lumière.

Le seul avantage du verre est son insensibilité totale aux agents chimiques du jus de pomme, alors que des problèmes sérieux se trouvent soulevés, dans ce domaine, par l'utilisation des boîtes métalliques.

Le fer nu est évidemment inutilisable. Le fer étamé, par contre, est utilisable à condition que la qualité de la tôle de fer utilisée et son étamage répondent à des normes strictes.

On utilise également des boîtes en fer étamé ou non, revêtues intérieurement d'un vernis ou d'une laque résistant à l'action chimique du jus de fruit.

Toutes les boîtes en fer, type boîte de conserve, dites boîtes « sertie-sertie », présentent — du fait de leur procédé de fabrication — un ourlet de sertissage le long d'une génératrice. Cet ourlet de sertissage a été la source de nombreux inconvénients pour le conditionnement métallique des jus de pommes, car il arrivait fréquemment que le sertissage entraînât une solution de continuité dans l'étamage ou dans le vernis intérieur, ce qui laissait la possibilité, au cours du stockage, aux acides du jus d'attaquer le fer de la boîte.

A l'heure actuelle, il semble que cet inconvénient soit en voie de totale disparition, des techniques spéciales ayant été mises au point par les fabricants de boîtes.

Les vernis utilisés, variables suivant les fabricants (types oléo-résineux, phénolformaldéhydiques, vinyliques ou cireux) ont fait l'objet d'études très poussées, en particulier aux U. S. A. Ils doivent évidemment être rigoureusement atoxiques et ne communiquer ni odeur ni goût, au jus.

On peut utiliser, d'autre part, des boîtes en aluminium fabriquées, elles, par emboutissage qui ne présentent donc pas d'ourlet de sertissage. Cet avantage, compensé par un prix de revient légèrement plus élevé, ne semble pas, pour l'instant et probablement pour cette dernière raison, avoir permis à ce conditionnement de prendre une place importante sur le marché.

B) Techniques de conditionnement.

Qu'il s'agisse de bouteilles, de boîtes, de sachets plastique ou de fûts, les problèmes généraux de remplissage restent les mêmes.

Un lavage du récipient doit être, au préalable, réalisé de façon plus ou moins rigoureuse suivant la nature du récipient, la façon dont il est stocké avant utilisation, etc. Les flacons de verre de récupération retournés par la clientèle, doivent être pour des raisons évidentes, l'objet d'un lavage beaucoup plus soigneux que du matériel neuf.

Le remplissage lui-même, toujours immédiatement suivi du bouchage du récipient, peut être réalisé de 3 façons différentes :

a) *Remplissage à froid.*

C'est le procédé le plus simple, n'importe quel matériel courant pouvant être utilisé.

Il doit obligatoirement être suivi, aussi rapidement que possible, d'un traitement assurant la conservation du jus.

Ce traitement — pour lequel différents procédés ont été proposés, y compris tout dernièrement l'utilisation des radiations ionisantes, est pratiquement toujours réalisé par « pasteurisation ».

Le problème est de chauffer efficacement, à la température voulue, la masse totale du jus contenu dans le récipient, principalement la partie centrale de cette masse, sans entraîner de surchauffe des zones périphériques qui risquerait de communiquer un goût de cuit au produit.

Le procédé le plus répandu — dit pasteurisation continue — consiste en une pulvérisation très fine d'eau chaude sur les récipients avançant lentement grâce à un tapis roulant.

La pulvérisation d'eau chaude est effectuée sur une longueur suffisante pour amener la température des récipients au degré voulu pendant le temps nécessaire à la pasteurisation. Elle est remplacée au-delà, au fur et à mesure de l'avancement du tapis, par une pulvérisation d'eau froide, de façon à refroidir les récipients dès la fin de la pasteurisation. Il est nécessaire, en effet, — afin de réduire au maximum l'action néfaste de la température sur les caractères organoleptiques du jus — de limiter le chauffage au strict temps nécessaire pour la pasteurisation.

Dans le cas de bouteilles de verre, ce refroidissement, comme d'ailleurs le chauffage préalable, doit être conduit de façon très progressive afin d'éviter toute casse : il y a là une sérieuse complication pratique intervenant, d'autre part, pour allonger le temps pendant lequel le jus se trouve porté à des températures susceptibles d'altérer plus ou moins son goût.

On peut également réaliser cette pasteurisation de façon discontinue, les récipients pleins, chargés sur des chariots étant placés dans des sortes d'armoires métalliques chauffantes (ce chauffage étant, là encore, le plus souvent réalisé par ruissellement d'eau chaude), puis sorties pour refroidissement.

Ce procédé de remplissage à froid suivi d'une pasteurisation des récipients pleins et hermétiquement fermés, est en voie de disparaître à l'heure actuelle. Il présente, en effet, le double désavantage :

a) de nécessiter pour une pasteurisation efficace un temps de chauffage assez prolongé étant donnée la masse de jus à chauffer à l'intérieur du récipient.

b) de nécessiter obligatoirement un remplissage incomplet des récipients, afin de ménager, à l'intérieur de ceux-ci, la place pour la dilatation du liquide au cours du chauffage.

Ces deux inconvénients conjuguent leurs effets pour donner un risque important d'oxydation du jus, donc de diminution de sa qualité.

b) *Remplissage à chaud immédiatement après pasteurisation du jus en vrac.*

C'est le procédé de loin le plus utilisé à l'heure actuelle.

Les matériels utilisés sont assez différents suivant les constructeurs, mais reposent tous sur le même principe et comportent schématiquement le cycle suivant :

— pasteurisation du jus ;
— remplissage à chaud ;
— fermeture du récipient ;
— attente, agitation du récipient ;
— refroidissement.

Les jus soumis à la pasteurisation dans des appareils travaillant en continu, sont refroidis à 70-75° et conditionnés à cette température. (Dans le cas de récipients en verre, il est indispensable de porter les flacons à 75° avant de les remplir).

Remplis et fermés, les récipients sont retournés afin de mélanger les couches liquides de température différente et d'amener le jus chaud au contact du couvercle ou du bouchon. Ils sont laissés ainsi environ une minute avant d'être refroidis aussi rapidement que possible.

La période d'attente avant refroidissement a pour but, par échange de température entre le récipient et le jus, d'achever la pasteurisation du récipient fermé et de son contenu.

Il est, en général, pratique d'effectuer cette opération en faisant rouler les récipients sur eux-mêmes, par exemple dans une goulotte qui les conduit vers les magasins (surtout utilisé dans le cas de remplissage en boîtes métalliques).

La première partie du parcours est effectuée à l'air libre : elle correspond à la période d'attente. La deuxième partie correspondant

à la période de refroidissement, est effectuée sous des douches d'eau froide qui ont l'avantage supplémentaire d'assurer un nettoyage extérieur des conditionnements.

Dans certaines usines, aux U. S. A. en particulier, le remplissage à chaud est complété par la fermeture « sous jet de vapeur » procédé qui consiste à lancer un jet de vapeur dans l'espace libre du récipient sous le couvercle ou le bouchon au moment de la pose de celui-ci. Ce jet de vapeur a pour effet de chasser l'air de l'espace libre réalisant ainsi, après fermeture, un vide partiel dans le récipient, favorable à la bonne conservation du jus.

En France, ce remplissage sous jet de vapeur est le plus souvent très simplement remplacé par un remplissage « ras bord » des récipients avec le jus chaud. Après fermeture hermétique, la contraction due au refroidissement du jus amène la création d'un vide à l'intérieur du récipient.

c) *Remplissage stérile après filtration stérilisante du jus.*

La filtration stérilisante des jus de pomme qui n'est applicable qu'aux jus limpides (et encore seulement à ceux dont la clarification préalable a été très soigneusement conduite) utilise des filtres très fins qui permettent la filtration industrielle en retenant toutes les bactéries et levures et même leurs spores.

Le jus ainsi stérilisé par filtration est réparti à l'aide d'un matériel en général automatique, fonctionnant sous tunnel stérile, dans des récipients stérilisés au préalable. Les techniques mises en œuvre sont tout à fait superposables à celles utilisées dans l'industrie pharmaceutique pour le conditionnement stérile de produits tels que certains antibiotiques qui ne supportent pas de stérilisation ultérieure.

Tout le matériel utilisé est au préalable stérilisé par les moyens les plus divers. Vapeur d'eau, vapeur de formol, SO_2, oxyde d'éthylène et les ultra-violets, constituent les moyens de stérilisation le plus répandus à la fois pour stériliser le matériel et pour maintenir la stérilité sous la « huche » au cours du travail.

Ce procédé de conditionnement théoriquement excellent puisqu'il n'entraîne aucun nouveau chauffage du jus de pomme, donc aucun risque d'altération de son arôme, est cependant, en pratique, assez peu répandu, car d'un prix de revient très élevé et nécessitant l'intervention d'un personnel évolué.

Il semble être surtout mis en œuvre en Suisse où, utilisé en combinaison avec le procédé de stockage Böhi, il permet la mise sur

le marché de jus de pomme n'ayant subi aucun chauffage à aucun stade de leur fabrication.

C) Stockage après conditionnement.

Une fois conditionné en boîtes ou en bouteilles de verre, le jus de pomme peut être, au moins théoriquement, manipulé et stocké dans n'importe quelle condition. Il est recommandé, cependant, surtout pour un stockage prolongé, de le conserver, de préférence, dans des locaux frais afin d'éviter ou de retarder au maximum les phénomènes de vieillissement.

III - Problèmes annexes de la fabrication du jus de pomme et de son concentré

1. Lutte contre l'oxydation : la désaération.

L'oxydation est une des principales causes d'altération du jus de pomme. C'est elle qui provoque son brunissement, qui risque de détruire le peu de vitamine C contenu normalement dans le jus et qui provoque certaines modifications de goût au cours du vieillissement.

Or, tout au long des opérations de fabrication et au cours de la conservation du jus de pomme, l'oxygène de l'air a de multiples occasions d'intervenir principalement au cours des opérations consistant à chauffer le jus.

Les industriels soucieux de la qualité de leurs fabrications s'emploient donc, par des mises au point spéciales de l'appareillage utilisé, à limiter le plus possible la contamination du jus par l'air. Les centrifugeuses utilisées sont construites et la centrifugation est conduite de façon telle qu'aucune émulsion d'air dans le jus ne puisse se produire. Les flash-pasteurisateurs chauffent le jus à l'abri de l'air, etc.

Allant plus loin dans cette voie, on a recherché si la désaération des jus, consistant à leur enlever l'oxygène dissous qu'ils contiennent normalement au sortir de la presse, pouvait améliorer leur conservation.

Notons qu'outre la suppression des modifications chimiques du jus par oxydation, la désaération intervient également comme facteur retardant le départ de la fermentation : la diminution de la teneur en oxygène ayant un effet inhibiteur naturel sur la croissance des levures.

Cette « désaération » est effectuée assez simplement — avec une efficacité variable suivant le type de l'équipement utilisé — en soumettant le jus en couche mince ou pulvérisé à l'action d'un vide partiel dans une enceinte spéciale.

Alors que les résultats obtenus pas cette désaération des jus sont très satisfaisants pour les jus d'agrumes, l'opinion générale est actuellement très partagée à leur sujet en ce qui concerne le jus de pomme.

Outre que la désaération amène une perte de composés aromatiques (donc de saveur) du jus de pomme qui n'en est pas tellement riche, il semble surtout que le système polyphénoloxydasique du jus de pomme fixe l'oxygène très rapidement avec production de composés irréversibles. Ainsi, même mise en œuvre dès la sortie des presses, la désaération interviendrait-elle trop tard. A ce stade déjà, tout l'oxygène possible a été fixé par le jus de pomme (qui a déjà bruni) avec formation de composés d'oxydation contre lesquels le vide ne peut rien.

En conclusion, ce problème de la désaération doit être considéré comme étant encore à l'étude en ce qui concerne le jus de pomme. Les premiers résultats n'étant pas parfaitement satisfaisants, la désaération du jus de pomme telle que nous venons de la décrire, n'est pour l'instant pratiquement pas utilisée industriellement et certains chercheurs s'orientent vers d'autres voies telles que la désaération enzymatique.

2. **Emploi d'antioxygène : Addition au jus d'acide ascorbique.**

Une autre solution au problème de la lutte contre les phénomènes d'oxydation a été envisagée : l'addition d'antioxygènes.

Pratiquement, seul l'acide ascorbique a été utilisé (c'est d'ailleurs le seul produit dont l'addition au jus soit permise par la législation. Voir page 34).

L'emploi d'acide ascorbique comme anti-oxygène a l'avantage supplémentaire du point de vue biologique de « renforcer » le jus de pomme en vitamine C, alors que ce jus en est relativement pauvre et que la vitamine C naturelle du jus de pomme est fragile : son oxydation se fait rapidement et démarre très vite dès le broyage des fruits.

L'enrichissement du jus de pomme par l'acide ascorbique a été l'objet d'un intérêt considérable de la part des fabricants et des consommateurs, principalement aux U. S. A. et au Canada, où l'immense majorité des jus de pomme existant dans le commerce sont « enrichis en vitamine C ».

L'addition d'acide ascorbique aux jus doit, pour être efficace, avoir lieu le plus tôt possible dans le cycle de fabrication : immédiatement après le broyage ou le râpage.

3. **Brunissement des concentrés.**

La fabrication industrielle, à grande échelle, des concentrés qui ne date que de quelques années, a réservé deux surprises aux industriels.

La première est la relative facilité de contamination de ces produits par des micro-organismes qui arrivent à s'y développer malgré la densité et la teneur en sucre élevée.

La deuxième est le brunissement parfois considérable dont les concentrés sont l'objet au cours de leur stockage à température ordinaire.

Ce brunissement bien plus rapide et accentué que celui des jus est pratiquement inexpliqué actuellement et fait l'objet d'études poussées.

Il semble qu'il ne s'agisse pas uniquement d'un problème d'oxydation (les oxydases étant largement détruites par les pasteurisations dont les concentrés sont l'objet au cours de leur fabrication).

On a invoqué successivement comme concourant à son apparition, la réaction de Maillard (acides aminés + sucres), une réaction acide malique + sucres, une réaction acides aminés + matières taniques.

Tout ce que l'on sait de certain, à l'heure actuelle, c'est que la température augmente très sensiblement ce brunissement et qu'il s'agit de réactions en chaîne dans lesquelles température, oxygène, lumière, métaux (Cu) et pH interviennent.

Aussi, dans l'attente d'une meilleure connaissance du problème, a-t-on adopté pour l'instant le stockage à basse température (en cave à 6° environ), des concentrés sous atmosphère de CO_2 de façon à éliminer le plus possible le facteur oxydation.

4. **Récupération et réincorporation des arômes.**

La concentration du jus de pomme s'accompagne d'une perte importante de son arôme soit que les produits concourant à la constitution de ces arômes soient plus volatils que l'eau, soit qu'ils soient entraînés par la vapeur d'eau.

Mais, en dehors même de la concentration, les différentes opérations industrielles de la fabrication du jus de pomme s'accompagnent d'une perte moindre, certes, mais encore sensible d'arômes et ceci d'autant plus que la pomme est un fruit relativement peu aromatique par lui-même.

Ceci explique que les techniciens aient pensé à récupérer les arômes dans les moûts, dès leur sortie des presses, dans l'intention de les réincorporer aux produits finaux au moment de leur conditionnement.

L'arôme de la pomme est, en vérité, dû à un grand nombre de constituants. Des travaux récents ont permis de caractériser parmi ces constituants, une dizaine d'alcools (92 pour cent de l'arôme total), une quinzaine d'aldéhydes (6 pour cent de l'arôme total), une demi-douzaine d'acides organiques volatils, ainsi que différents esters (2 pour cent environ de l'arôme total).

La formation diastasique de ces corps, leur mélange très complexe, la grande volatilité de certains, leur sensibilité à l'oxydation, permettent d'expliquer les pertes importantes en arôme ou les modifications de celui-ci au cours des différentes phases de la fabrication industrielle des jus et des concentrés.

Tous ces facteurs expliquent aussi la difficulté à réaliser la récupération industrielle de ces produits.

En réalité, ce problème n'a pu être résolu que tout dernièrement.

Les arômes sont extraits des jus mères de pomme, grâce à des récupérateurs-concentrateurs d'arômes.

Le concentré d'arôme final recueilli est constitué par une solution aqueuse d'alcool éthylique pouvant titrer 30° et renfermant en solution les éléments constitutifs de l'arôme des pommes.

Pratiquement la récupération-réincorporation des arômes n'est effectuée, en France (et depuis 1958 seulement) que dans le cas de fabrication de concentrés.

Le passage au récupérateur-concentrateur d'arôme est effectué le plus tôt possible au cours de la fabrication du concentré, en pratique dès le passage du jus brut au centrifugeur.

Le passage au récupérateur-d'arôme qui s'accompagne nécessairement d'un chauffage du jus, est réglé de façon telle qu'il réalise en même temps une opération de pasteurisation.

Quant à la réincorporation des arômes dans le concentré de jus de pomme par dilution dans celui-ci du concentré d'arômes, cette opération est effectuée au contraire le plus tard possible : en pratique juste au moment des opérations de conditionnement du concentré.

5. **Gazéification du jus de pomme.**

Afin de répondre au mieux au désir ou aux habitudes d'une certaine clientèle, différents auteurs ont étudié la gazéification du jus

de pomme. Il ne semble pas, cependant, que le jus de pomme gazéifié ait acquis, dans aucun pays, une grande importance commerciale : sa production, en tout cas est infime en comparaison des boissons gazéifiés en général.

Le jus de pomme peut être gazéifié sans aucune difficulté : l'outillage habituellement employé pour la gazéification des boissons douces convient parfaitement, à condition qu'il soit construit en matériaux compatibles avec le jus de pomme.

En Suisse, on trouve habituellement sur le marché du jus de pomme très légèrement gazéifié du fait qu'il contient encore de petites quantités de CO_2 provenant du procédé Böhi et qui constitue une boisson de table extrêmement agréable.

IV

COMPOSITION DU JUS DE POMME ET DE SON CONCENTRÉ

I - Étude analytique

1. Caractères physicochimiques.

A) Caractères physicochimiques généraux.

Les caractères physicochimiques généraux du jus de pomme ayant une importance pour les problèmes de production industrielle, ont fait l'objet de nombreux travaux dont nous avons groupé les principaux résultats dans le Tableau IV, page 94.

Devant certaines imprécisions touchant aux techniques utilisées, nous avons vérifié l'extrait sec de quelques jus dans les conditions bien définies de la technique sur bande de papier préconisée par Tavernier et dont nous exposons le détail au chapitre « Contrôles pratiques de la qualité du jus de pomme et de son concentré ».

TABLEAU IV

Caractères physico-chimiques généraux

Sources	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13
Eau	800 850	871		840	885				857,5			871
Densité		1,05	1,05	1,053 1,058	1,035 1,052		1,050 1,060			1,052 1,058	1,044 1,048	
Extrait sec (g/l)			134		115		130 145					
Cendres (g/l)		2,5	3,7		2		2					2,5
Sels minéraux totaux (g/l)	5		4				2,5 à 4		2,3 3,2	2,4		
Acidité totale en acide malique (g/l)		3 à 5,5	6		5,4 9,7		3 à 9		2,6 3		2 à 10	5,2
pH		3,5			3,3 3,5	3,58 3,94	3,3 à 3,8					
rH						23,2 à 24,4						
EH						+ 418 à + 495						
Valeur calorique en Cal. par litre	540	500	420		560 766			600				500

Nota : On trouvera, page 105, une note donnant les références des sources correspondant aux numéros des colonnes.

Cette méthode dont les résultats sont bien reproductibles, nous a donné respectivement sur le jus brut préparé extemporanément n° 1 et sur les 2 jus du commerce référencés N et O, les résultats consignés dans le Tableau V ci-dessous.

TABLEAU V

	Densité	Extrait sec en g/l
Jus brut de pomme n° 1 ..	1 065	159,50
Jus N.....	1 038	90,96
Jus O	1 051	130,85

B) Pression osmotique.

La *pression osmotique* du jus de pomme est qualifiée d'hypertonique — sans précision chiffrée — par le Professeur Müller.

Etant donné le peu de travaux consacrés à cette question, nous avons voulu vérifier cette donnée et avons étudié l'osmolarité des 2 jus et des 2 concentrés du commerce référencés respectivement P, P', F et H (ces derniers préalablement dilués dans la proportion de 1 à 5), en mesurant l'abaissement du point cryoscopique à différentes dilutions.

Nos résultats résumés dans le Tableau VI ci-dessous confirment l'hypertonicité générale des jus naturels ou reconstitués à partir de concentrés et montrent que, pour obtenir l'isotonie par rapport au plasma ($\Delta t = -0{,}54°$), il faut diluer les jus environ de moitié :

TABLEAU VI

Abaissements cryoscopiques

Produits	Dilutions				
	1/2	1/3	1/4	1/5	1/8
Jus P.....	— 0,56	— 0,44			
Jus P'.....	— 0,56	— 0,44			
Concentré F dilué.....	— 0,49			— 0,28	
Concentré H dilué.....	— 0,46		— 0,28		— 0,10

C) Pouvoir tampon.

Le jus de pomme est réputé enfin posséder un certain *pouvoir tampon* dû à l'équilibre ionique entre l'acide malique et ses sels de bases fortes.

Nous avons étudié l'évolution du pH de jus et de concentrés sous l'influence de la dilution et de la neutralisation comparativement à un acide fort (ClH), à un acide faible (acide acétique) à une solution tampon classique (système phosphate-acide citrique) et à une solution acide malique-malate de sodium.

Notre étude a porté sur les 2 jus (P et P') et les 2 concentrés (E et F) du commerce, les concentrés ayant été préalablement dilués pour les amener à une densité égale à celle des jus non concentrés.

Par exemple, le concentré F (D = 1,350) a été dilué de façon à l'amener à la densité 1,045 pratiquement égale à celle du jus B de même origine (1,047).

a) *Evolution du pH sous l'effet de la dilution.*

Les jus ou concentrés convenablement dilués ont été dilués au 1/10, au 1/100, au 1/1 000 et au 1/10 000.

Nous avons établi de même des dilutions croissantes au 1/10, 1/100, 1/1 000, 1/10 000 à partir des solutions mères suivantes :

— Acide chlorhydrique normal ;

— Acide acétique normal ;

— Solution tampon phosphate-acide citrique de pH = 3 répondant à la formule :

PO_4HNa_2 0,2 M.....	210 ml
Acide citrique 0,1 M.....	790 ml

— Solution acide malique-malate de Na de pH = 3 répondant à la formule :

Acide malique.....	1 g
NaOH N/10.....	24,7 ml
H_2O distillée bouillie q.s.p.....	200 ml

La figure I, page 97 rassemble les courbes d'évolution des pH de ces différents produits en fonction de la dilution.

Ainsi qu'il apparaît, les jus et concentrés ont une évolution du pH assez proche de celle du système tampon phosphate-acide citrique ou acide malique-malate de Na, c'est-à-dire variation lente au départ jusqu'à la dilution de 1/100.

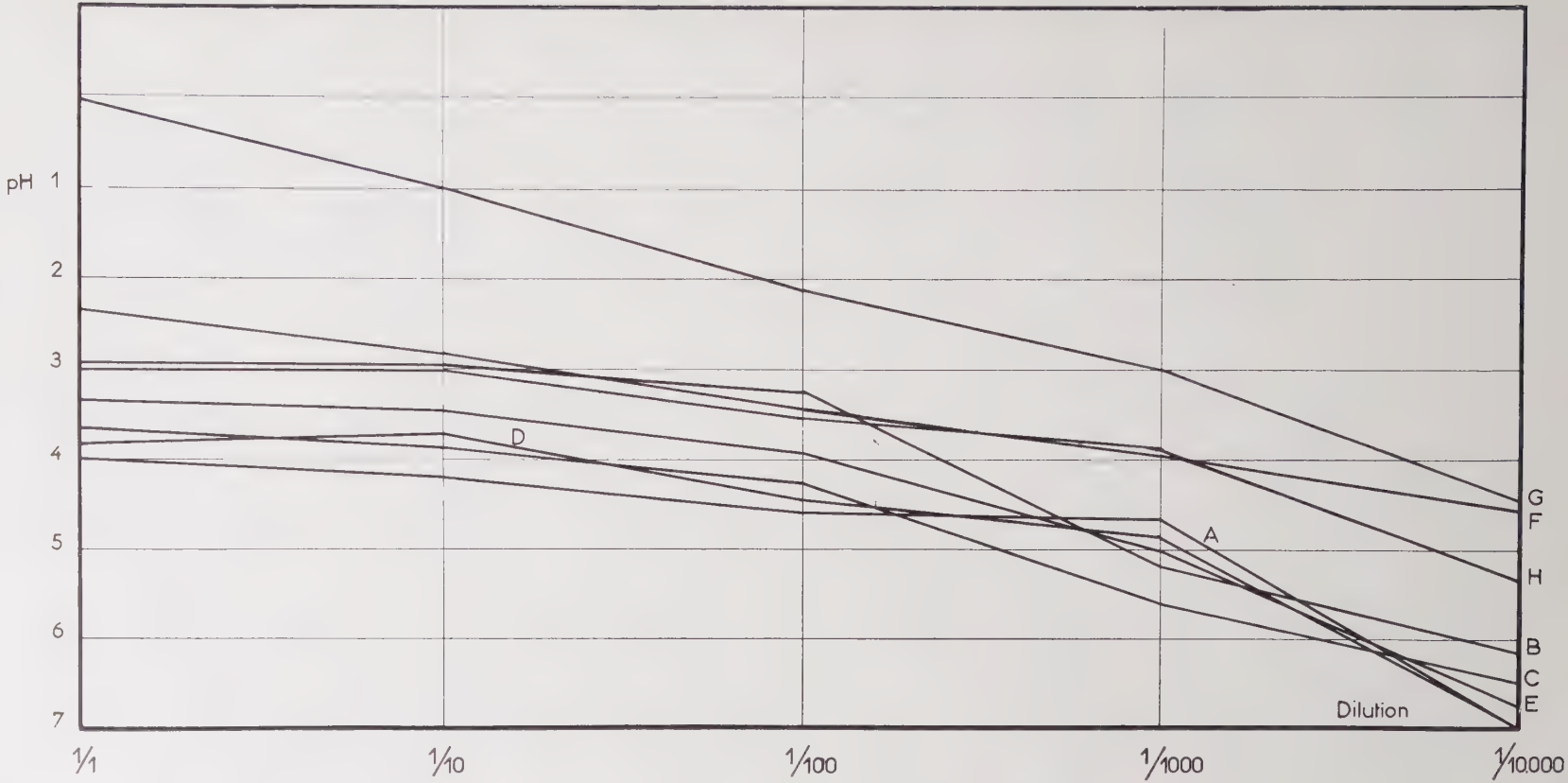


FIG. I — EVOLUTION DU PH SOUS L'EFFET DE LA DILUTION

A _ Concentré E dilué
B _ Acide malique-malate de Na
C _ Concentré F dilué
D _ Jus P
E _ Jus P'
F _ Acide acétique N/10
G _ Acide chlorhydrique N/10
H _ Tampon phosphate-acide citrique

b) *Evolution du pH sous l'effet de la neutralisation.*

10 ml de jus (ou concentré dilué) sont neutralisés par des quantités croissantes de soude N/10, jusqu'à pH 9.

Nous avons tracé une courbe en portant :

— en abscisses : les ml de soude ajoutés ;

— en ordonnées : les pH décroissants correspondants.

Nous avons opéré de même, figure II, page 99 avec le tampon phosphate-acide citrique à pH 3, une solution de ClH N/10, une solution d'acide acétique N/10 et la solution acide malique-malate de Na à pH 3.

Nous avons, d'autre part, rassemblé dans le Tableau VII, ci-dessous, les chiffres indiquant les quantités de NaOH N nécessaires pour amener le milieu à pH 9.

TABLEAU VII

	pH départ	ml NaOH N pour amener le milieu à pH 9
Jus P.....	3,7	8,5
Jus P'.....	3,3	8,5
Concentré E dilué.....	3,8	6,5
Concentré F dilué.....	3,6	6,7
Tampon phosphate-acide citrique.....	3,5	24,8
Acide chlorhydrique N/10..	1,5	10,25
Acide acétique N/10.....	3,1	9,7
Acide malique-malate de Na	3	6,20

En conclusion, on peut avancer qu'in vitro le jus de pomme a un pouvoir tampon non négligeable, mais assez faible de l'ordre de celui que possède une solution d'acide acétique partiellement neutralisée (c'est-à-dire un système acide acétique-acétate) légèrement supérieur cependant à celui du système acide malique-malate de Na seul.

2. **Composition minérale.**

Parmi les éléments minéraux présents dans le jus de pomme, seuls ont fait l'objet de dosages précis les éléments cités dans notre Tableau VIII, page 100.

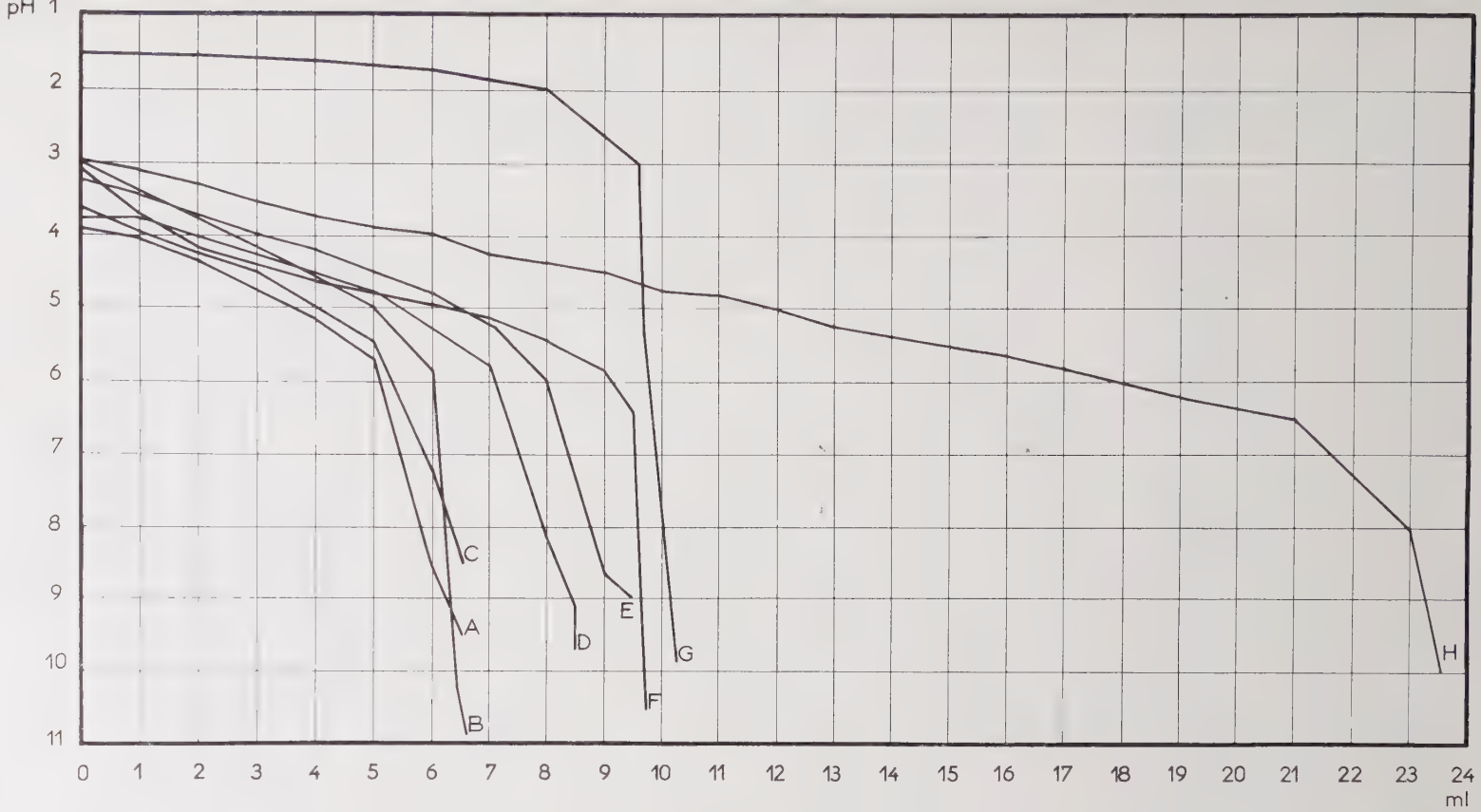


FIG. II — EVOLUTION DU PH SOUS L'EFFET DE LA NEUTRALISATION

A _ Concentré E dilué
B _ Acide malique-malate de Na
C _ Concentré F dilué
D _ Jus P
E _ Jus P'
F _ Acide acétique N/10
G _ Acide chlorhydrique N/10
H _ Tampon phosphate-acide citrique

Les auteurs signalent, en outre, à l'état de traces non dosables, de nombreux éléments tels que :

Mg, Ca, S, Cl, Mn,

As, Co, Bo, Zn, I, Br

susceptibles, ainsi que nous le verrons, de jouer un rôle biologique important.

Remarquons, d'autre part, l'absence quasi totale de l'ion Na et, au contraire, la présence de l'ion K qui confèrent au jus de pomme des qualités diététiques sur lesquelles nous aurons l'occasion de revenir.

TABLEAU VIII

Composés minéraux

Les quantités sont exprimées en g par litre

Sources	1	2	3	9	10	14
Eau (rappel).....	800 850	871		857,5		
Sels totaux (rappel) ..	5		4	2,3 3,2	2,4	
Na.....	traces		0	0	0	
K.....	1,75					
Ca.....		0,009	0,270			0,048 à 0,066
Fe.....		0,03	0,002	0,001 0,002		0,001 0,006
P.....			0,050			

(Voir page 105 la nomenclature des sources correspondant aux numéros des colonnes).

Notons l'importance de la présence du fer et du cuivre (dont on a pu trouver jusqu'à 0,75 mg/l) qui risquent d'altérer les qualités du jus, de nuire à sa conservation et de favoriser la destruction de la vitamine C.

3. **Composés organiques.**

A) SUBSTANCES ALIMENTAIRES.

Les dosages effectués sur la composition alimentaire du jus de pomme figurent sur le tableau IX, page 101 qui présente les résultats

obtenus par différents auteurs ayant, en général, produit eux-mêmes les moyennes de nombreuses analyses personnelles ou empruntées à diverses sources.

TABLEAU IX

Substances alimentaires

Les quantités sont exprimées en g par litre

Sources	1	2	3	4	5	7	8	9	11
Alcool.....						0c à 1c,1	0c,50		4 g
Glucides totaux.....	120 140	110 125	110	115	102 112	103 135	140		
Sucres réducteurs..			70		69 98	85 123		91 133	
Glucose.....				20					
Fructose.....			(x)	68	(x)				
Rapport *Glucose* / *Fructose*.....	1/4			1/3					
Saccharose...			40	26	17 24	8 22		13 16	
Protides.....	3	1	0,8				3	0,4 0,6	
Lipides.....	# 0								

(x) Les auteurs signalent la prédominance nette du fructose sur le glucose sans précision chiffrée.

(Voir page 105, la nomenclature des sources correspondant aux numéros des colonnes).

Les glucides présents dans le jus de pomme comprennent, en dehors de ceux que nous avons cités et qui prédominent très largement, de petites quantités de *trioses*, *pentoses* et *méthylpentoses*.

On peut en rapprocher certains polyols tels que le *sorbitol*.

Pour Lavollay, qui insiste particulièrement sur ce point, la présence de sorbitol en quantité relativement importante serait une caractéristique constante du jus de pomme.

Tavernier et Jacquin en ont trouvé des doses allant de 1,31 à 6,63 g par litre.

Les *matières pectiques* sont un des constituants importants du jus de pomme puisqu'on peut, selon Boulet, les y trouver au taux de 7 à 18 g pour mille.

Nous ne les avons cependant pas fait entrer dans notre tableau, car les auteurs expriment leurs résultats de façons très diverses, rendant tout rapprochement difficile.

La faible quantité de *protides* contenue dans le jus de pomme comprend, en dehors des protides proprement dites, des polypeptides et des amino-acides. Parmi ceux-ci, on retrouve (d'après Tavernier) 50 pour cent d'asparagine, le reste étant constitué par :

— l'acide aspartique,
— l'acide glutamique,
— l'alanine,
— l'arginine,
— la proline,
— la sérine.

Notons également la présence de gluthation et de cystéine dont l'équilibre, selon Patron, joue un rôle non négligeable dans les phénomènes d'oxydation du jus.

Les *traces de lipides* relevées par certains auteurs dans le jus de pomme sont constituées essentiellement par des lipides complexes, phosphatides, cires et résines, n'apparaissant d'ailleurs qu'en quantité pratiquement négligeable.

Bien qu'il s'agisse là d'un caractère négatif, nous voudrions attirer l'attention sur l'absence pratique d'alcool dans le jus de pomme.

Les taux rencontrés à cet égard dans différents jus restent bien au-dessous des tolérances légales. Tavernier, en effet, a trouvé des chiffres allant de 0,009° à 0,3° dans des jus français.

Ce même auteur a mis, par contre, en évidence dans ces mêmes jus, la présence de méthanol. Cet alcool qui apparaît dans le jus à la faveur des phénomènes de déméthylation des matières pectiques, reste cependant en quantités très minimes puisqu'on n'en a trouvé que de 25 à 64 mg/litre, ce qui reste bien inférieur aux teneurs présentées par certains jus comme par exemple le jus de cassis qui en contient jusqu'à 680 mg/litre.

B) Substances a action vitaminique et biocatalysatrice.

Nous avons déjà signalé la présence dans le jus de pomme, d'un grand nombre de composés métalliques pouvant agir comme oligo-éléments et avoir ainsi une activité biocatalysatrice importante.

Mais, en dehors de ces composés inorganiques, le jus de pomme renferme une quantité non négligeable de vitamines.

Le tableau X ci-dessous présente les résultats acquis à ce jour, recueillis dans la littérature.

TABLEAU X

Vitamines

Les quantités sont exprimées en mg par litre

Sources	1	2	5	6	8	9	12
Carotènes.....		+	0,55		1 000 U. I.		
Vitamine B_1....	0,3	0,1	0,2 0,6		1	traces	
Vitamine B_2....	0,1	+			0,2		
Acide nicotinique.....		1	2				
Vitamine PP ...					2		
Vitamine C	30	26 28	12 53	17	100	24 30	20 34
Acide pantothénique							0,3

(Voir page 105 la nomenclature des sources correspondant aux numéros des colonnes).

Nous compléterons ce tableau en signalant la présence de tanins, de flavonols et de catéchines divers dont le taux va de 0,7 à 1,5 g/litre et même exceptionnellement jusqu'à 6 g/litre selon Calandron, et que nous classons ici pour leur rôle de facteur vitaminique dans les phénomènes de résistance capillaire (vitamines P). La teneur habituellement faible des jus du commerce en tanins s'explique, comme nous l'avons vu, du fait de leur élimination au cours de la fabrication industrielle (collage, centrifugation).

Nous citerons également ici, étant donné leur rôle biologique important, les nombreuses diastases présentes dans le jus de pomme.

Les unes sont spécialement intéressantes à connaître pour le fabricant auquel elles posent certains problèmes :

Ce sont les oxydases (acide ascorbique - oxydase, polyphénoloxydase et peroxydase),

la pectase,

la pectine-dépolymérase.

D'autres ont moins d'intérêt : ce sont les protéases et les lipases.

C) Corps aromatiques et divers.

Les produits aromatiques et volatils conférant au jus de pomme son caractère olfactogustatif bien particulier comprennent essentiellement :

a) *Des acides.*

Parmi ceux-ci, l'acide malique prédomine largement.

En dehors de l'acide malique, 4 pour cent environ de l'acidité totale sont représentés par le groupe acide succinique-acide fumarique dont l'équilibre a son importance dans les phénomènes d'oxydo-réduction du jus de pomme (Patron).

Les autres acides (lactique, formique, citrique, oxalique, acétique, etc.) n'ont été repérés dans le jus de pomme qu'à l'état de traces.

b) *Des produits à fonctions organiques diverses.*

On a retrouvé dans le jus de pomme de très nombreux composés aromatiques volatils sous forme :

— d'alcools : méthylique, éthylique, propionique, butylique, isobutylique, etc. ;

— d'aldéhydes : aldéhyde caproïque, etc. ;

— d'esters, les plus importants étant le butyrate et le caproate d'éthyle.

Ces différents composés aromatiques interviennent en quantité extrêmement faible de l'ordre de 50 parties par million.

NOTE : RÉFÉRENCES DES SOURCES AYANT SERVI A L'ÉTABLISSEMENT DES TABLEAUX IV, VIII, IX et X

1. Pr. Boulet. — C. R. 1er Congrès International des Producteurs de Jus de Fruits ; Paris, 26-27-28 avril 1948.
2. Tressler (D.-K.), Joslin (M.-A.). — *The chemistry and technology of fruit and vegetable juice production.* Avi. Publishing Company - N.Y. ; 1954.
3. Chaffei (Saleh). — *Les jus de fruits en France.* Thèse de Doctorat en Pharmacie ; Strasbourg, 1946.
4. Miallet (M.). — *La pomme et ses sucs.* Thèse de Doctorat en Pharmacie ; Strasbourg, 1949.
5. Lavollay (J.), Patron (A.). — *Les jus de fruits en France.* Annales de la Nutrition et de l'Alimentation, 1, 3-5 Soc. d'Editions Techniques Coloniales, 1948.
6. Patron (A.). — *Les phénomènes d'oxydoréduction dans les jus de fruits.*
7. Calandron (A.). — Communication personnelle.
8. Simonnet (H.). — *L'alimentation humaine ;* Masson, 1951.
9. Gachot (H.). — *Manuel des jus de fruits.* P.-H. Heitz ; Strasbourg, 1955.
10. Hamon (H.). — *Valeur alimentaire et thérapeutique de la pomme, du jus de pomme et du cidre.* Thèse de Doctorat en Médecine ; Paris, 1937.
11. Norme Française, N.F. V 76 002.
12. Charley (V.L.S.). — *Recent advances in fruit juice production ;* London, 1950.
13. Smock (R.-M.), Neubert (A.-M.). — *Apples and apple products.* Interscience Publishers ; 1950.
14. Jacquin (P.). — Annales de Technologie, INRA, 3 ; 1958.

II - Étude des facteurs influant sur la composition

L'étude analytique que nous venons de faire de la composition du jus de pomme met nettement en évidence la variabilité des chiffres donnés par les auteurs.

La diversité des moyens d'analyse utilisés ne rend compte que partiellement des variations observées.

Deux auteurs rennais, Seguin et Pailheret, ont, dès 1898, produit un travail comparatif considérable portant sur l'analyse d'un très grand nombre de produits cidricoles obtenus soit par pression, soit par diffusion et correspondant à un grand nombre de variétés de pommes à cidre de tout l'Ouest de la France.

Leurs résultats ont été confirmés de nombreuses fois depuis, par différents auteurs dont nous citerons les principaux résultats qui montrent l'influence prépondérante :

— des différences des matières premières ;
— du degré de maturité des fruits ;
— des différents types de jus ;
— de l'évolution même du jus de pomme au cours de sa conservation.

1. Influence de la matière première.

Les caractéristiques différentes des diverses variétés de fruits se retrouvent dans la composition des jus qui en sont extraits. Des nombreuses études faites à ce sujet, nous citerons premièrement celles de Aitken H. C. qui ont porté sur les pommes de variétés courantes aux Etats-Unis.

Bien qu'il s'agisse ici de variétés dont nous savons déjà qu'elles conviennent assez mal à la fabrication de jus suivant le goût français, nous croyons intéressant d'extraire de son rapport un certain nombre de chiffres que nous avons groupé dans le tableau XI, page 107.

TABLEAU XI

(Chiffres d'après Aitken H.-C.)

Variété	Densité	pH	Acidité (acide malique) en g/l	Tanin en g/l
Baldwin	1,0499	3,5	4,8	0,6
Ben Davis	1,0450	3,7	4,3	0,6
King	1,0500	3,6	5,3	0,7
Mac Intosh	1,0400	3,5	4,8	0,8
N. Spy	1,0452	3,4	4,9	0,8
Rhode Island Greening	1,0450	3,5	4,7	0,7
Roxbury Russett	1,0652	3,3	6,7	0,6
Wealthy	1,0470	3,3	6,1	0,5

Charley, dans une étude consacrée aux variétés de pommes rencontrées en Angleterre, cite, de son côté, les résultats groupés dans le tableau XII ci-dessous :

TABLEAU XII

(Chiffres d'après Charley)

Variété	Solides solubles	pH	Acidité (acide malique) en g/l	Sucres totaux en g/l	Tanin en g/l
Delicious	131,6	3,91	2,7	117,9	0,261
Golden Delicious	142,6	3,60	4,1	123,9	0,275
Jonathan	135,6	3,33	6,4	114,5	0,233
Jubilee	149,4	3,53	4	126	0,341
Mac Intosh	127,2	3,35	5,4	108,9	0,375
Newtown	137,6	3,31	6,1	116,7	0,169
Stayman	138,1	3,37	5,9	116,9	0,236
Winesap	148,3	3,47	5,8	128,2	0,271
Wealthy	119	3,10	8,4	98,5	0,230

En France, Warcollier donne les indications groupées dans le tableau XIII ci-dessous :

TABLEAU XIII

(Chiffres d'après Warcollier)

Variété	Densité	S. réducteurs en g/l	Acide malique en g/l	Tanin en g/l
Bedan.....	1,063	111,0	2,8	1,5
N. des Champs ..	1,078	133,0	2,6	1,0
Saint Martin.....	1,060	100,0	2,6	1,2
Bouteille.....	1,055	91,0	3,0	1,3

A. Calandron, dans une étude sur les variétés cultivées en France et plus particulièrement dans la région de Quimperlé (Finistère) a trouvé les résultats groupés dans le tableau XIV ci-dessous :

TABLEAU XIV

Variété	Densité	Acide en g SO_4H_2 /l	Extrait sec en g/l	Sucres totaux en g/l	Sacch. en g/l	Tanin en g/l	S. réduc. en g de SI/l
Douce Guémené..	1 056	1,14	144,0	117,9	22,7	3,85	94,0
Pen Du.....	1 053	1,71	129,5	109,6	9,5	4,35	99,6
Stang Ru ...	1 055,5	1,42	140,1	122	10,4	6,0	113
Kermerrien..	1 050	1,15	128,5	118,3	14,5	3,0	103
Bacon Tardive ..	1 061	1,37	145	134	8,6	4,9	123
Douce Mœn.	1 050	1,27	111,4	130,1	17,2	2,1	84,9
Stang Ry....	1 065,5	2,13	143,3	135,3	16,4	5,3	118

Ces quelques résultats mettent en évidence l'influence primordiale de la variété de pommes employée. Mais d'autres facteurs interviennent pour donner au jus des caractères différents et cela à l'intérieur d'une même variété.

La situation géographique du lieu de culture qui est la principale composante des nombreux éléments météorologiques du microclimat local, a également une grande influence.

Il suffit de mettre en parallèle les chiffres de Charley et de Aitken pour en être persuadé. En ce qui concerne par exemple la même variété (Mac Intosh), nous voyons apparaître entre les Etats-Unis et la Grande-Bretagne les différences indiquées dans le tableau XV ci-dessous :

TABLEAU XV

Mac Intosh	Acidité en acide malique en g/l	pH	Tanin en g/l
G. B.....	5,4	3,55	0,375
U. S.....	4,8	3,5	0,8

Egalement, pour la variété Wealthy, nous avons comparé les chiffres G. B. et les chiffres U. S. dans le tableau XVI ci-après :

TABLEAU XVI

Wealthy	Densité	Acidité en acide malique en g/l	Tanin en g/l
G. B.....	1,040	7,0	0,6
U. S.....	1,047	6,1	0,5

De même, suivant qu'elles sont cultivées en France ou aux Etats-Unis, les mêmes variétés font apparaître des différences marquées ainsi qu'il ressort du tableau XVII, page 110.

Si l'on considère tout spécialement l'acidité qui est un élément prépondérant du goût, on voit que l'influence de l'origine géographique est particulièrement sensible.

Mais, même en se bornant à des pommes d'origine géographique relativement voisine, cette influence prépondérante de la variété se trouve largement confirmée.

C'est ainsi que nous pouvons citer d'après Tavernier (communication personnelle), les chiffres groupés dans le tableau XVIII, page 111.

TABLEAU XVII

Variété	Sucre total %	Acidité en acide malique %	Solides %
AMÈRE de SURVILLE			
France	12,20	0,350	20,2
U. S.	9,48 — 12,40	0,464 — 0,778	19,92 — 23,65
BEDAN des PARTS			
France	12,61	0,360	21,60
U. S.	11,68	0,601	21,58
BINET BLANC			
France	16,48	0,380	19,70
U. S.	12,38	0,396	19,78
BINET ROUGE			
France	11,93	0,25	20,5
U. S.	14,12	0,546	27,80
JULIAN de PAULMIER			
France	11,86	0,330	22,00
U. S.	16,54	0,218	26,34
LAUNETTE GROSSE			
France	14,52	0,270	21,50
U. S.	10,10 — 10,70	0,415 — 0,574	19,80 — 20
MARÉCHAL			
France	13,50	0,330	22,2
U. S.	12,85	0,410	22,4
MICHELIN			
France	10,92	0,32	19,30
U. S.	13,05	0,725	23,92
MONTLIGE BLANC			
France	11,60	0,290	19,80
U. S.	6,43	0,164	17,17
MOULIN à VENT			
France	12,37	0,60	21,10
U. S.	11,27	0,410	20,65
OMONT			
France	12,34	0,37	20,6
U. S.	13,60	0,232	22,26
REINE des POMMES			
France	12,96	0,570	19,90
U. S.	10,62 — 13,30	0,428 — 0,847	19,75 — 26,3
ROUGE de LANDEL			
France	12,20	0,31	19,70
U. S.	8,09	0,53	17,55
SAINT-LAURENT			
France	13,88	0,21	15,50
U. S.	16,04	0,314	28,30

TABLEAU XVIII

(Chiffres d'aprés Tavernier)

	Guillevic (Morbihan)	Tesnières (I.-et-V.)	Gros Coco (L.-A.)	Jaune de Vitré (I.-et-V.)	Gros Rouget (I.-et-V.)	Judin (I.-et-V.)	Renac (L.-A.)	Chaussy (Morbihan)
Densité à 15°.....	1 060	1 061,5	1 056,6	1 069,8	1 056,7	1 067,6	1 067,8	1 045
Degré réfractométrique à 20°	14,4	14,86	13,61	—	13,94	16,30	11,85	10,61
Extrait sec total (g/1)	151,4	155,67	142,15	176,55	145	191,9	127,5	111,3
Sucres totaux (g/1)...	131,7	137	119	147,25	123,75	146,75	103,7	84
Extrait sec réduit (g/1)	20,7	19,65	24,15	30,30	29,25	26,15	24,7	28,3
Acidité (g SO_4H_2/1.)	3,43	4,06	4,90	5,28	5,58	6,12	7,69	11,9
pH à 18°.....	3,45	3,25	3,30	3,25	2,85	3,25	2,85	2,85
Tanin (g/1).....	0,6	1,52	2,56	1,80	1,86	1,20	1,12	3,28
Matières azotées (mg/1).....	61,6	60,9	28	77	92,4	79,8	50,4	97,3

2. **Influence du degré de maturité.**

D'autre part, et quelle que soit la variété, de nombreux facteurs annexes peuvent être la source de variations.

Nous nous attacherons plus spécialement au degré de maturité qui est pratiquement l'aboutissement des influences variées de l'ensoleillement, de la température durant la croissance, des qualités agronomiques du sol, etc.

Dans certains cas, la teneur en eau peut passer de 87 à 84,5 pour cent entre les mois de juillet et de septembre.

Le contenu en sucre des fruits évolue de façon parallèle. Les sucres totaux passent par exemple de 5 à 10 pour cent en poids entre juillet et septembre, surtout aux derniers temps de la maturation entre août (7 pour cent) et septembre (10 pour cent).

La teneur en amidon, inversement, diminue considérablement entre fin juillet et début octobre et passe de 16 à 2 pour cent (un degré de maturité optimum évite le goût de vert dû à l'amidon).

L'acidité totale décroît également assez régulièrement au cours de la maturation et, entre juin et début octobre, le pH augmente légèrement. L'acidité totale exprimée en acide malique passe de environ 1,2 pour cent à 0,6 pour cent.

Les cendres varient assez peu au cours de la maturité et entre juillet et septembre ne baissent que de 3,5 à 2,8 pour cent.

La teneur en potassium semble assez constante et ne connaît que de faibles variations autour de 1,5 pour mille.

Les composés tannoïdes restent également assez constants pendant la maturité.

La viscosité des jus obtenus avec des pommes arrivées au point de maturité optimum est supérieure à celle des jus de fruits moins mûrs, la teneur en pectines solubles augmentant au cours de la maturation au dépend des pectoses insolubles.

Notons que les différences résultant de l'état de maturité interviennent également sous forme d'un retentissement global sur les qualités du jus obtenu telles que le goût et l'arôme.

3. **Influence du type de jus.**

Il est bien évident que les résultats d'analyse concernant particulièrement les corps insolubles varieront suivant le type de jus considéré : trouble ou limpide.

Il est regrettable à ce sujet, que les auteurs ne précisent pas, en général, le type de jus qu'ils ont étudié, ce qui rend les comparaisons difficiles.

La filtration, la clarification et la centrifugation diminuent la viscosité du jus. Cette diminution de viscosité est parallèle aux variations de composition en matières pectiques et en principes insolubles.

Mais, en fait, les variations entre le jus filtré et non filtré qui portent essentiellement sur les matières pectiques, les matières azotées et les sels minéraux, semblent peu importantes et, comme le précisent Smock et Neubert, ne dépassent pas les différences naturelles apparaissant lorsqu'on compare un certain nombre de jus.

Le tableau XIX ci-dessous (dû à la Station Fédérale d'Essai de Waedenswill, Suisse) permet de juger des effets de la clarification et confirme ces faits :

TABLEAU XIX

(Chiffres d'après la Station Fédérale d'Essai de Waedenswill)

	Jus clarifié		Jus trouble	
Densité	1,048		1,049	
pH	3,30		3,32	
Cendres	2,26	g/l	2,3	g/l
Pectines	22,0	mg/l	336,0	mg/l
Azote total	81,0	mg/l	98	mg/l
Sorbitol	12,1	g/l	12,1	g/l
Acidité (Acide malique)	6,4	g/l	6,5	g/l
Sucres totaux	97,8		99,7	g/l
Vitamine C	30	mg/l	24	mg/l
Vitamine B_1	Traces		Traces	

Ainsi qu'il apparaît, les variations de composition entre un jus trouble et un jus filtré portent essentiellement sur la teneur en matières pectiques, sur la densité, les cendres, l'azote total et beaucoup moins sur les sucres.

Smock R.-M. et Neubert A.-M. aboutissent aux mêmes conclusions pour ce qui est de la clarification enzymatique, ainsi qu'il apparaît dans le tableau XX, page 114.

TABLEAU XX

(Chiffres d'après Smock R. M. et Neubert A.-M.)

	Mélange de Winesap et Delicious		Jonathan		Winesap		Delicious	
	non traité	clarifié au « Pectinol »	non traité	clarifié au « Pectinol »	non traité	clarifié au « Pectinol »	non traité	clarifié au « Pectinol »
Densité à 15° . . .	1,0580	1,0585	1,0573	1,0573	1,0599	1,0601	1,0642	1,0646
Indice de réfraction à 20°	1,3541	1,3544	1,3538	1,3538	1,3549	1,3551	1,3564	1,3568
Solides solubles %	14,0	14,2	13,8	13,8	14,5	14,6	15,5	15,7
Sucres réducteurs %...	10,07	10,33	9,80	10,04	10,79	11,06	11,49	11,79
Sucrose %.....	2,16	2	1,80	1,64	1,23	0,98	1,85	1,74
Acide malique %	0,451	0,460	0,449	0,454	0,483	0,488	0,205	0,210
pH.....	3,58	3,56	3,56	3,52	3,59	3,57	4,02	4
Précipité alcoolique %. .	0,109	0,069	0,093	0,054	—	—	—	—
Acide pectique %	0,079	0,021	0,066	0,009	—	—	—	—
Tanin %.....	0,043	0,035	—	—	—	—	0,037	0,036

4. **L'évolution du jus pendant la conservation.**

Un dernier élément de variation de composition du jus réside dans son évolution même au cours du stockage.

Le jus de pomme est un milieu biologique complexe que la présence de composés en équilibre d'oxydo-réduction, de diastases, de vitamines, etc. rend très fragile et spécialement « périssable ».

L'action de l'industriel consiste précisément à prévenir cette évolution du jus de fruits en le stabilisant.

Le premier objectif de l'industriel est d'empêcher la fermentation alcoolique et la contamination par différents micro-organismes dont l'action serait dommageable au jus même ou au consommateur.

Mais même parfaitement protégé contre les micro-organismes, le jus de pomme est susceptible d'une évolution au cours du stockage.

Il ne s'agit plus de l'action de germes vivants, mais bien des interréactions purement chimiques pouvant survenir au sein de ce milieu particulier dont nous savons la composition en produits hautement réactogènes : fructose, glucose, acide ascorbique, acides organiques, amino-acides, flavonols, etc...

On a peu de données sur la stabilité du fructose du jus de pomme. On sait seulement que la conservation de la quantité initiale de sucres dans le jus peut servir de critère objectif de qualité.

Il est à peu près admis que la riboflavine, les carotènes, la thiamine et l'acide nicotinique sont relativement stables dans les conditions habituelles et se conservent pratiquement aussi bien dans le jus de pomme que, par exemple, dans le jus d'ananas ou d'orange qui ont été plus spécialement étudiés à ce point de vue.

L'acide ascorbique est, par contre, très fragile et, en l'absence de précautions, disparaît rapidement du jus de pomme. Il entre en réaction avec l'oxygène sous l'influence d'une oxydase, pour donner de l'acide déhydro-ascorbique. Cette réaction est catalysée par les pigments anthocyaniques du jus de pomme et est favorisée par la température.

On a d'ailleurs envisagé l'enrichissement du jus de pomme en acide ascorbique pour garder une marge de sécurité.

Dans des jus ainsi enrichis et amenés à 26 ou 28 mg d'acide ascorbique pour cent, on n'observe plus que des pertes minimes de l'ordre de 1 à 2 mg pour 100 g de jus.

Les modifications d'aspect et de goût posent des problèmes particuliers au fabricant.

Les plus importants sont ceux posés par la couleur du jus de pomme qui peut varier au cours du temps sous l'influence du phénomène dit du « brunissement ».

Cette modification est facile à observer sur le fruit lui-même dont la surface de coupe brunit très rapidement par exposition à l'air. On la retrouve dans le jus où le brunissement peut se produire suivant deux modalités souvent associées :

— le brunissement enzymatique ;

— le brunissement non enzymatique.

Le brunissement enzymatique exige la présence d'oxygène et aboutit à la transformation des polyphénols en quinones favorisant la transformation de l'acide ascorbique en acide déhydroascorbique sous l'influence d'une polyphénoloxydase et d'une déhydrase.

On a invoqué également la transformation directe de l'acide ascorbique en acide déhydroascorbique sous l'influence d'une acide-ascorbique-oxydase.

Le brunissement oxydatif est donc parallèle à la disparition de l'acide ascorbique déjà signalée.

Le brunissement non enzymatique n'exige pas la présence d'oxygène. La teinte brune observée dépend de l'apparition de produits de condensation entre les acides aminés et le glucose (réaction de Maillard).

Ces deux modes d'altération de la couleur se combinent évidemment et s'associent en outre à des altérations par décomposition des acides uroniques de la pectine, des sucres, etc.

Bien que de nombreuses inconnues persistent, il paraît acquis que le brunissement est lié à la présence d'éléments oxydables dans le jus de pomme. En effet, la réaction s'équilibre lorsque tous les composants oxydables (particulièrement l'acide ascorbique) ont disparu.

La couleur du jus de pomme peut également subir des altérations du fait des modifications des pigments anthocyaniques qui interviennent dans les réactions d'équilibre d'oxydo-réduction et donnent des composés colorés, par réduction, oxydation ou hydrolyse.

Le goût, enfin, peut lui aussi évoluer en cours de conservation, sous l'influence de modifications des composés volatils déterminant la saveur et l'arôme. L'exploration de ces phénomènes est encore peu avancée.

On sait seulement que les esters organiques constitutifs sont d'une grande fragilité. Mais en général, les agressions qu'ils ont

à subir pendant le stockage sont peu importantes par rapport à celles auxquelles ils sont exposés pendant la pasteurisation.

De ces considérations et malgré les obscurités qui persistent, on peut retenir essentiellement que l'un des ennemis le plus dangereux du jus de pomme après la fabrication est constitué par l'oxygène.

III - Essai d'interprétation

Comme nous venons de le voir, de très nombreuses causes, depuis le fruit lui-même jusqu'au stockage du produit commercial, peuvent intervenir pour expliquer les variations observées dans la composition du jus de pomme.

Ces variations toutefois n'atteignent pas à une dispersion des résultats telle qu'ils soient incapables de fournir une base raisonnée aux applications alimentaires et diététiques que nous envisagerons.

D'ailleurs, malgré les soucis légitimes de standardisation, les normes officielles admettent ces variations et les limites de tolérance légales sont plus larges encore que les variations spontanées observées.

Il nous paraît donc légitime d'utiliser les résultats acquis en faisant un peu abstraction des différences qu'ils font apparaître et qui ont d'ailleurs une importance plus théorique que pratique pour dégager des données précédentes une composition « standard » moyenne « approchée » que nous avons rassemblée dans le tableau XXI, page 118.

Nous ne nous dissimulons pas qu'il s'agit d'une approximation, mais nous la pensons parfaitement compatible avec une exploitation rationnelle en diététique.

TABLEAU XXI

COMPOSITION MOYENNE APPROXIMATIVE D'UN JUS DE POMME FRANÇAIS DE PREMIÈRE QUALITÉ

I. CARACTÈRES PHYSICO-CHIMIQUES GÉNÉRAUX.

Eau	850	g/l
Densité	1 055	
pH	3,5	
Acidité (en acide malique)	5	g/l
Pression osmotique	Hypertonie	
Calories	480	C/l

II. COMPOSÉS MINÉRAUX.

Na	# 0
K	1,40 à 1,75 g/l
Ca, P et oligo-éléments	Présence

III. COMPOSÉS ORGANIQUES.

a) *Alimentaires :*

Alcool	0° à 0°,5 (4 g/l)	
Glucides totaux	120	g/l
Sucres réducteurs	100	g/l
Levulose	80	g/l
Glucose	20	g/l
Saccharose	20	g/l
Protides	1	g/l
Lipides	# 0	

b) *Vitamines et biocatalyseurs :*

Vitamine C	20 à 70 mg/l
Carotènes, Vitamines B_1, B_2, Acide nicotinique, Facteur P, Acide pantothénique, diastases	Présence

c) *Divers et composés aromatiques,*
d'où goût et arôme caractéristiques.

V

MICROBIOLOGIE

L'étude microbiologique du jus de pomme ne semble pas, jusqu'à présent, avoir été au centre des préoccupations des chercheurs et les notions que l'on peut recueillir à son sujet sont assez succinctes et représentées principalement par quelques articles d'origine anglo-saxonne.

Cependant d'une part, la présence des micro-organismes dans le jus brut intéresse au tout premier chef le fabricant dont le premier et le principal souci est d'éviter la fermentation et d'assurer au produit fini une bonne conservation, ce qui exige la mise en œuvre de moyens de lutte contre ces germes.

D'autre part, l'hygiéniste a un intérêt évident à considérer le jus de pomme d'un point de vue microbiologique, la contamination ou la stérilité d'un aliment ayant des conséquences immédiates sur la santé.

Il nous a ainsi paru d'un haut intérêt d'envisager ici d'un point de vue scientifique, la question de la microbiologie du jus de pomme.

I - Etude générale de la flore du jus de pomme

1. Origine de la flore du jus de pomme.

En examinant au microscope une goutte de jus de pomme fraîchement stérilement pressé et dilué dans de l'eau stérile, le nombre et la variété des micro-organismes frappent en premier.

D'où viennent ces bactéries, ces levures et ces moisissures ?

On leur reconnaît, en général, deux origines possibles :

— la pomme elle-même ;

— la contamination par souillures au cours des différentes manipulations des fruits et du jus.

A) Flore de la pomme.

Les micro-organismes apportés par les pommes elles-mêmes sont extrêmement nombreux et très variés. Tous les auteurs ont

constaté que la flore varie non seulement avec l'espèce de pomme considérée, l'arbre, les saisons et même le sol, mais encore avec les différentes parties de la pomme elle-même.

a) *Flore endogène.*

Cette flore est localisée aux parties internes de la pomme. C'est une microflore fungique, généralement ainsi constituée :

Penicillium divers, environ 75 pour cent ;
Monilia fructigena environ 20 pour cent ;
Mucor divers, environ 5 pour cent.

Ce sont les insectes qui sont responsables de la contamination du cœur de la pomme. Cette contamination se fait soit par piqûre, avec parfois pénétration de l'insecte au cœur même, soit au moment de la pollinisation.

b) *Flore exogène.*

Cette flore comprend les micro-organismes trouvés à la surface de la pomme. Il en existe trois sortes principales :

— Des levures très nombreuses et diverses variant avec l'origine botanique et la saison. La plupart sont du type *cerevisiae* ou *ellipsoïdeus* ou *pastorianus*, la flore apiculée devenant de moins en moins fréquente (Calandron A. communication personnelle) ;
— Des moisissures qui sont très difficiles à éliminer et que l'on retrouve très souvent dans le jus dont elles peuvent changer le goût ;
— Des bactéries qui appartiennent à plusieurs groupes :
  — les bactéries acétiques (*Acetobacter* ou *Mycoderma*) qui sont, de beaucoup, les plus nombreuses et dont le chef de file est *Acetobacter xylinum*, caractérisé par sa grande résistance et dont la croissance est, en général, inhibée par la présence de CO_2. On doit citer également certains mycodermes à forme levure (genre *Mycoderma Persoon*) agents de la « fleur » ;
  — les bactéries lactiques du type de fermentation malo-lactique ;
  — un groupe de bactéries que les auteurs anglo-saxons appellent « *Cider sickness bacteria* », connues en France sous le nom de « Bacilles de la tourne ». Ces organismes extrêmement difficiles à obtenir en culture pure, sont à l'origine de certaines fermentations ;

— un groupe de bactéries dites « de la graisse » (*oily sickness*, des auteurs anglo-saxons) — petits bacilles ou cocci anaérobies très difficiles également à obtenir en culture.

Tous ces micro-organismes sont apportés par les arachnides, les insectes, les oiseaux ou le vent, d'où leur multiplicité.

Une partie de ceux-ci est éliminée par lavage au moment de la fabrication du jus, mais il en subsiste toujours une certaine quantité.

Les auteurs anglo-saxons considèrent, tout en regrettant que ces limites n'aient aucun caractère officiel et, par conséquent, ne soient pas respectées, que les pommes porteuses de plus de 5 000 000 de levures et moisissures devraient être automatiquement écartées dans les usines de fabrication de jus de fruits.

On peut valablement s'interroger sur la validité d'une telle exigence, la numération simple des germes d'une seule pomme paraissant sujette à caution et en tout cas difficile à préconiser pratiquement.

B) Micro-organismes apportés par les manipulations et les divers matériels.

En dehors des germes apportés par le fruit lui-même, les différents stades de fabrication peuvent être eux aussi une source d'infection.

Nous éliminerons d'abord la contamination par l'air de la fabrique.

Ingram rapporte que des observations faites dans les plus mauvaises conditions ont indiqué une contamination de l'air au-dessous de 5 levures par 100 cm^3 par minute, ce qui est négligeable.

D'ailleurs, la plupart de ces levures appartenaient aux espèces *Rhodotorula* ou *Dematium*, espèces communes de l'air et que l'on rencontre rarement dans le jus, où elles ne trouvent pas des conditions de vie favorables.

Il reste alors à envisager les sources possibles de contamination représentées par le lavage, les récipients et les différents matériels.

a) *Le lavage des fruits.*

Le lavage des fruits qui, en principe, devrait éliminer une partie des micro-organismes, peut être au contraire, une source de contamination.

Ainsi, Volford et Berry, en 1948, ont constaté que certaines eaux de lavage renfermaient des *Aerobacters*. Ces bactéries sont encore plus abondantes si l'eau de lavage est stagnante.

Toutefois, nous pouvons déjà noter ici et nous y reviendrons en fin de chapitre à la suite de travaux personnels sur cette question, que les bactéries du type *Aerobacter* meurent vite dans le jus de pomme car le pH du jus est trop acide pour permettre la multiplication de ces germes.

Les travaux américains mentionnent également la présence d'*Escherichia coli* recueilli exceptionnellement dans les eaux de lavage.

Calandron A. signale (communication personnelle) la présence fréquente de *Clostridium* (type *Cl. butyricum*) dans le jus nouvellement obtenu.

Cette possibilité de contamination par l'eau de lavage est une des raisons qui commandent de n'employer que de l'eau potable pour cette opération.

b) *Les récipients et les différents matériels*
peuvent représenter une autre forme d'agents contaminants.

En pratique, tout le matériel venant en contact des pommes, du jus brut ou du jus mère peut être le siège de croissances de micro-organismes qu'il s'agisse des bacs, des godets des élévateurs, des tanks et récipients divers, des râpes, des cadres et des toiles des presses, des centrifugeuses, des différents tuyaux, etc.

Les micro-organismes qui pullulent dans les angles morts de ces appareils, peuvent passer dans le jus et y proliférer ensuite.

On recommande donc d'éviter l'emploi de récipients en bois et de matériel peu facile à nettoyer et de faire usage abondant des solutions antiseptiques, particulièrement des solutions chlorées.

Forjacs a montré, en effet, qu'un traitement à l'hypochlorite pouvait faire baisser la teneur en germes mésophiles du jus de pomme de 104 800 par ml à 2 350 par ml et même à 3 par ml, lorsque les conditions de propreté sont maxima.

De même, on évitera l'emploi des tuyauteries en matière plastique si séduisantes par ailleurs pour leur inertie chimique et les garanties qu'elles donnent du point de vue de la contamination métallique.

En effet, la charge électrique statique qui s'y développe, fixe les micro-organismes et pose des problèmes difficiles pour leur élimination.

Les bouteilles vides destinées à des réutilisations successives peuvent, en cas de nettoyage insuffisant être une source de contamination :

Moutoussis, Papavassiliou et Samarari ont examiné des flacons destinés à la mise en bouteille des eaux minérales (après lavage à la soude) et ont pu obtenir un assez grand nombre de *bacillus*, *cocci* et moisissures, mais parfois aussi des bactéries à Gram négatif.

L'eau destinée au rinçage des flacons peut elle-même être une source importante de contamination et devra subir un examen bactériologique quotidien.

Le processus de fermeture le plus hygiénique sera la capsule « couronne » utilisable une seule fois, et stérilisée avant l'emploi. Dans ce cas, elles sont assez pauvres en germes : *bacillus* et moisissures.

Par contre, les différents dispositifs de fermeture qui sont réutilisables sont des sources importantes de pollution.

Il y a lieu de souligner l'importance de la pollution bactérienne d'apport ainsi réalisée après la pasteurisation car elle peut entraîner une évolution du jus modifiant sensiblement sa qualité.

2. **Techniques de l'analyse microbiologique du jus de pomme.**

Les techniques que nous décrirons ici conviennent spécialement à l'étude microbiologique du jus de pomme. Mais, bien entendu, elles peuvent secondairement être étendues à celles des bouteilles, capsules et autres matériels quelle que soit leur destination définitive.

A) Examen du jus de pomme et des eaux de rinçage.

Signalons tout de suite que les ensemencements du jus de pomme seront toujours précédés d'un ajustage du pH au voisinage de 7 au moyen de soude stérile et d'indicateur coloré stérile.

Mossel D. A. A. et Visser M. préconisent de concentrer les bactéries et les levures dans le liquide à analyser en réalisant une centrifugation à 2 500 tours/minute pendant 15 minutes, puis ils réalisent, à partir du culot de centrifugation, une séparation des germes d'avec les substances insolubles par sédimentation.

a) *Numération des germes totaux.*

Le dénombrement se fait sur gélose nutritive à 37° pendant 48 heures et à 22° pendant 5 jours.

Buttiaux R., indique la formule ci-dessous du milieu donnant les meilleurs résultats pour les bactéries, mais qui permet aussi de dépister les moisissures :

— Tryptone (Difco)..... 6 g
— Extrait de levures (Difco)..... 3 g

— Agar (Bacto Agar Difco)..... 15 g
— Eau distillée..... 1 000 ml

Sharf John M. préconise de rechercher les germes mésophiles sur milieu Tryptose glucose agar, incubé à 35° pendant 24 heures, ou sur « *Milk protein hydrolisate agar* ».

b) *Recherche des germes tests de contamination fécale.*

Si la recherche systématique de ces germes est intéressante à priori, il faut cependant noter que ces germes ne se rencontrent pratiquement pas dans le jus de pomme à cause des conditions de pH tout à fait défavorables à leur survie.

Les milieux décrits ci-dessous pour l'isolement des différents germes de contamination fécale sont ceux préconisés dans les recherches bactériologiques concernant les jus de fruits et les eaux minérales. Il faut cependant noter que d'autres milieux d'isolement pourraient également convenir dans des conditions expérimentales à préciser.

— *Recherche des coliformes (Escherichia, Klebsiella, Aerobacter aerogenes, Aerobacter cloacae.)*

On fera un premier test en inoculant le liquide sur bouillon lactosé à 30° pendant 48 heures.

Milieu « Lactose broth »

Extrait de viande de bœuf	3 g
Peptone trypsique.....	5 g
Lactose.....	5 g
Eau distillée.....	1 000 ml

Ce milieu est réparti en tubes de 10 ml avec cloches.

Il est utilisé simple ou sous forme concentrée selon la quantité d'eau ou de liquide à y introduire.

En général on fait 5 ensemencements de 10 ml sur milieu concentré, 1 de 1 ml, 1 de 1/10 de ml, et 1 de 1/100 de ml sur milieu simple. On réajuste éventuellement le pH aux alentours de 7.

(Sur les tubes restés stériles, on peut occasionnellement ensemencer un germe connu (*E. coli*) et vérifier ainsi qu'aucun corps bactéricide n'avait été introduit dans le jus de fruit).

Le résultat est positif si l'on obtient un louche avec formation de gaz.

Il sera nécessaire en cas de boisson gazeuse de vérifier que le gaz carbonique ne donne pas des résultats entachés d'erreurs.

Il est donc nécessaire de tamponner le milieu pour éviter une baisse trop importante de pH au-dessous de l'optimum de pousse des coliformes.

D'autre part, l'existence de gaz dans les tubes de réaction peut être due à des levures plutôt qu'à des coliformes, et devra être confirmée par repiquages en différents milieux et par examen microscopique direct.

On repique alors sur les trois milieux suivants :

— Bouillon de Mac Conkey (vert brillant et sels biliaires) ;
— Eau peptonée ;
— Gélose lactosée avec indicateur de pH (Bromocresol pourpre, ou éosine bleu de méthylène) ou milieu de Chapman (1951) modifié par Buttiaux dit milieu T T C ainsi constitué :

Peptone trypsique.....	10 g
Extrait Liebig.....	6 g
Lactose.....	20 g
Solution à 1 pour cent de bleu de bromothymol.....	5 ml
Gélose en poudre.....	20 g
Eau distillée.....	1 000 ml

Chauffer et ajuster à pH 7,2.

Répartir en flacons de 20 ml.

Stériliser à l'autoclave à 120°, 20 minutes.

Ajouter au moment de l'emploi, après avoir fait fondre le milieu au bain-marie bouillant :

— 1 ml de solution de chlorure de triphényl tétrazolium (TTC) à 0,050 g pour cent dans l'eau distillée stérile ;
— 1 ml de solution de tergitol à 0,2 g pour cent.

Les *E. coli* et les coliformes ne réduisent pas le chlorure de triphényl tétrazolium et donnent des colonies jaunes entourées d'un halo jaune.

La différenciation entre *E. coli* et les coliformes se fait en incubant les boîtes à 37° et à 44° : seuls les *E. coli* fermentent le lactose à 44°.

Sur milieu à l' « *eosine methylene blue* », les colonies d'*E. coli* sont bombées, bleu violet, à reflet métallique.

Après obtention d'un bacille Gram négatif, l'identification d'*E. coli* sera complétée par des tests biochimiques (urée, indol, fermentation du glucose, formation de SH_2, utilisation du citrate).

— *Recherche des Streptocoques fécaux (Entérocoques).*

Les Entérocoques seront détectés sur milieu à l'azide de sodium à 37° (milieu de Rothe).

Milieu de Rothe

Peptone.....	20	g
Glucose.....	5	g
ClNa.....	5	g
PO_4HK_2.....	2,7	g
PO_4H_2K.....	2,7	g
Azothydrate de Na	0,2	g
Eau distillée.....	1 000	ml

Les subcultures se feront sur milieu à l'azide avec adjonction de 5 ml de solution d'éthyl violet à 0,01 g pour cent dans l'eau distillée.

— *Recherche de Salmonella et Shigella.*

Après enrichissement sur milieu au sélénite, on ensemence sur gélose SS (aux sels biliaires, citrate de soude, vert brillant) et sur gélose de Kauffmann au vert brillant et au rouge de phénol.

— *Recherche de Clostridium perfringens.*

Ce germe sporulé sera recherché après chauffage à 80° pendant 5 minutes avec ou sans neutralisation. L'ensemencement se fera sur milieu de Wilson, Blair et Maud : gélose glucosée + sulfite de sodium à 20 pour mille + alun de fer.

En fait, Mossel et Beerens obtiennent de meilleurs résultats avec une concentration de sulfite de 5 pour mille.

On recherchera la pousse avec dégagement de gaz et réduction du sulfite.

Les subcultures permettront un diagnostic plus précis : recherche de l'immobilité du germe, action sur le lait et la gélatine.

Beerens H. recherche les anaérobies dans les jus de pomme par ensemencement sur milieu de Rosenow additionné d'amidon soluble, régénéré et paraffiné.

Il ensemence dans 30 tubes, des quantités variables de jus de pomme, respectivement : 0,50 — 0,25 — 0,125 ml.

Il utilise parallèlement 10 tubes de milieu V.L. (viande — extrait de levures) glucosé à 2 pour mille, gélosé à 8 pour mille, à raison de 0,50 ml de jus de fruit par tube.

Et, enfin, 3 tubes pour recherche des anaérobies réducteurs de sulfate.

On incube à 30° pendant 15 jours.

Les repiquages se font sur milieu V.L. profond.

Beerens n'a jamais rencontré d'anaérobies stricts dans les jus de pomme qu'il a analysés.

c) *Recherche d'autres germes secondaires :*

— L'isolement des Staphylocoques se fera sur milieu de Chapman ;

— L'identification des *Bacillus*, germes très fréquents dans le jus de pomme, se fera sur gélose au sang, au jaune d'œuf ou à la pomme de terre (Casba K.) ;

— Les *Lactobacillus* seront recherchés sur milieu de Briggs ;

— On pourra rechercher enfin les Bactériophages « fécaux » dans les eaux utilisées dans l'entreprise (Buttiaux).

d) *Isolement des levures.*

Il se fait soit sur *milieu de Sabouraud*, soit glucosé, soit maltosé, que l'on trouve facilement dans le commerce, soit sur *moût de bière* ou malt dont la composition est la suivante :

Farine de malt.....	200 g
Eau distillée.....	1 000 g

On monte la température à 45°, puis d'environ 1° par minute jusqu'à 70° où l'on reste 10 minutes. On vérifie par la coloration à l'iode que tout l'amidon est disparu. Il faut rester à 70° jusqu'à ce que tout l'amidon disparaisse.

On filtre et on colle au blanc d'œuf (1 blanc pour 2 litres).

On autoclave à 125° pendant 3/4 d'heure et on ramène à 1 litre. La stérilisation finale se fait à 110°.

Cet extrait de malt liquide est solidifié par 2 pour cent de gélose pour obtenir le malt gélosé.

Il est recommandé d'ajouter à ces milieux, aussi bien le milieu de Sabouraud que celui du moût de bière, 20 unités de Pénicilline G et 40 microgrammes de Streptomycine par ml, pour empêcher la contamination par des bactéries.

Ingram M. pense que la détection des levures dans les jus de fruit peut être beaucoup plus facilement réalisée par des tests de fermentation.

Il place en flacon de Roux de 1 litre, 100 ml de jus de fruit et 100 ml de PO_4HNa_2 en solution stérile à 4 pour cent. Il favorise la multiplication des levures par une large surface d'aération (flacon horizontal) une concentration de 30 pour cent de sucre, une élévation du pH et une température à 25°.

Il détecte la formation de CO_2 par un bouchon relié à un système en U, contenant du borax et du bleu de thymol. Il mesure le nombre de jours nécessaires au virage de l'indicateur. Ceci permettrait de dépister des contaminations très discrètes.

e) *Isolement des moisissures.*

L'isolement (et l'identification) sont plus délicats que pour les levures. En général, on emploie le milieu de Czapeck dont la composition est la suivante :

Nitrate de sodium.....	3	g
Phosphate dipotassique.....	1	g
Chlorure de potassium.....	0,5	g
Sulfate de magnésium.....	0,5	g
SO_4Fe.....	0,01	g
Saccharose.....	30	g
Gélose.....	15	g
H_2O q.s.p.....	1 000	ml

Pour inhiber le développement des bactéries associées, on ajoute, comme pour les levures, des antibiotiques antibactériens suivant la technique précédente.

f) *Technique des membranes filtrantes.*

C'est une technique élégante qui a donné d'excellents résultats dans les analyses d'eaux. Elle permet d'apprécier la contamination de volumes plus importants d'échantillons, bien qu'ils soient limités par un colmatage éventuel des pores de la membrane filtrante surtout pour les jus troubles.

L'ajustage du pH du liquide filtré n'est pas nécessaire car on fait suivre la filtration du jus de fruit d'un lavage à l'eau distillée stérile ou au soluté physiologique stérile.

Après filtration et lavage, la membrane est déposée sur milieu nutritif ; elle est perméable aux substances nutritives. Les membranes utilisées sont soit les Millipore filter, soit les membranes CO_5 (Gottingen).

La technique est simple : la membrane est mise sur un support qui est relié par une fiole de Kitasato à une trompe à vide.

D'autre part, on adapte par vissage au-dessus de la membrane un entonnoir ou un récipient pour le liquide à filtrer.

On peut filtrer 100 ml de jus de fruit sur une membrane.

Il est parfois nécessaire de pratiquer une préfiltration sur papier filtre ordinaire stérile pour éliminer les résidus organiques. Mais

l'expérience a prouvé que cette préfiltration éliminait déjà une bonne partie des micro-organismes.

Pour la colimétrie, les membranes sont placées sur gélose T T C. On réalise deux incubations à 37° et à 44° et on lit les résultats à 24 et 48 heures.

R. B. Lindberg a observé que la recherche des coliformes donnait de meilleurs résultats par la technique très sensible des membranes filtrantes (disques de 47 mm de la Millipore filter corporation) que par la technique de l'ensemencement en milieu lactosé avec calcul du M.P.N. (*most probable number*).

Buttiaux porte la membrane sur milieu de Slanetz et Bartley pour la détection des Streptocoques fécaux.

Moutoussis C. utilise les membranes filtrantes pour la recherche de *Clostridium perfringens* dans les eaux minérales et les porte sur milieu « *Cooked meat* ».

Coleman et Bender (1957) Lynch et Hughes ensuite, ont utilisé les membranes filtrantes dites moléculaires pour la recherche des levures dans les sirops.

B) Controle bactériologique des bouteilles vides, capsules, matériels.

a) Technique de la « bouteille roulée ». On utilise le milieu suivant :

Tryptone Difco		20 g
Extrait de levure		3 g
Glucose		1 g
PO_4HK_2		1 g
Hyposulfite de sodium		1 g
ClNa		5 g
Agar	25 à	30 g
Eau distillée		1 000 ml

Après dissolution, le pH est ajusté à 7, le milieu réparti pour stérilisation en tubes de 20 ml : on autoclave à 120° pendant 20 minutes.

Au moment de l'emploi le contenu d'un tube, fondu et ramené à 50° est versé dans la bouteille. En roulant la bouteille sous un jet d'eau froide, la gélose se dépose en un film régulier sur la surface interne de la bouteille qui est ensuite placée à l'étuve à 20-22° pendant 5 jours, en position horizontale. On repère directement les colonies. Mais cela n'est possible qu'avec un verre transparent de bonne qualité.

b) On peut également utiliser la technique du rinçage avec le liquide suivant, autoclavé à 120°, 20 minutes :

Phosphate monopotassique....	0,0425	g
Hyposulfite de sodium.....	0,16	g
Tamol N.....	5	g
Soude.....	0,008	g
Eau distillée.....	1 000	ml

Ou avec du liquide de Ringer dilué au quart et contenant un inhibiteur de l'antiseptique éventuellement employé lors du lavage industriel des bouteilles.

On ensemencera ce liquide pour dénombrement des germes comme indiqué ci-dessus pour le jus de pomme.

Les capsules seront examinées par écouvillonnage qui est le procédé de choix. Avec l'écouvillon on ensemence la gélose précédente à 20° et on réalise un dénombrement des germes aérobies.

On peut aussi incorporer les capsules dans une gélose type « bouteille roulée » avec seulement 15 pour 1 000 de gélose.

On pourra examiner les différents matériels, tanks, canalisations, etc. en dénombrant les bactéries cultivant à 20° dans les liquides des cuves.

On pourra y rechercher les coliformes, les streptocoques fécaux et les *clostridium* sulfito-réducteurs.

Les différents orifices des tuyaux et de la robinetterie pourront donner lieu à des écouvillonnages.

3 **La flore des jus bruts.**

La classification suivante, empruntée aux travaux de Marshall et Walkley, nous a paru la plus nette à l'heure actuelle.

Ces auteurs ont classé par groupe les différents organismes rencontrés dans les jus de pomme anglo-saxons.

A) Les Mucorales.

Les Mucor se présentent sous forme de longs filaments hyalins qui envahissent non seulement la surface de la gélose, mais aussi tout le tube de culture. Cette masse filamenteuse peut devenir grisâtre.

Ces filaments hyalins sont gros et ne sont que très rarement cloisonnés, leur extrémité se renfle en vésicules hyalines puis noirâtres qui contiennent des endospores.

On a trouvé dans les jus bruts :

Mucor mucedo qui a été isolé dans le jus brut souvent en association avec des *Penicillium*.

Il est rare de le retrouver dans le jus pasteurisé ;

Mucor pyriformis isolé également dans le jus brut, il ne résiste pas aux basses températures ;

Mucor racemosus a été isolé sur les pommes et dans les récipients recueillant les pommes lavées.

Il persiste souvent dans le jus conservé, mais disparaît après deux mois de stockage ;

Mucor hiemalis qui se rencontre dans les jus bruts mais ne supporte pas plus d'un mois de conservation ;

Zygorhynchus moelleri qui n'existe que dans les jus bruts, souvent en association avec le *Penicillium expansum* ;

Rhizopus nigricans. Cet organisme ne vit, en général, que sur le fruit et ne présente pas de caractère pathogène. Par contre, lorsqu'il apparaît dans le jus, bien que toutes les précautions de propreté aient été prises, on lui accorde une certaine importance, sa persistance dans le jus pouvant amener des altérations de ce dernier.

B) Le groupe des Aspergillus.

Ce groupe, s'il présente une particularité quant à son extrême variété, n'a qu'une importance relative quant à son action nocive.

En effet, les *Aspergillus* sont peu fréquents dans les fruits européens et extrêmement rares dans les jus.

Ce sont des champignons filamenteux dont les organes de fructification ou têtes aspergillaires sont caractéristiques.

Ils se présentent sous forme de filaments hyalins, sinueux, cloisonnés, bifurqués, délimités par une membrane. Les colonies sur milieu de Czapeck sont planes, veloutées, en général vert foncé. La teinte verte ou noire n'apparaît que 3 à 4 jours après l'ensemencement par production de spores.

On a décrit dans les jus de pomme :

Aspergillus niger dont on a isolé deux espèces dans les jus bruts, les souches A et B ;

Aspergillus ustus fréquent dans les pommes et dans le jus brut ;

Aspergillus sydowi, *Aspergillus nidulans*. Ces deux espèces sont retrouvées d'une façon constante dans les jus, à tous les stades de la production.

Elles sont extrêmement résistantes, même à basse température ;

Aspergillus ventii isolé également à tous les stades mais qui n'a jamais été retrouvé dans les jus pasteurisés ;

Aspergillus flavipes qui est, en général, associé au *Penicillium expansum* et qui a été isolé dans le jus mal pasteurisé ;

Aspergillus ochraceus. Il a été isolé sur les pommes conservées dans les silos également associé au *Penicillium expansum*, mais il ne cause pas de grands dommages ;

Aspergillus fumigatus. C'est parmi les *Aspergillus* celui qui peut causer le plus de dommages au jus. Très résistant, il est parfois retrouvé dans les jus mal pasteurisés.

En culture, il est vert foncé à gris noirâtre à revers jaune, puis rouge foncé. Il n'a ni périthèce, ni ascospores et sa température de développement varie entre 37° et 45°. Il est formé de filaments cloisonnés incolores ;

Aspergillus fischeri. Cette espèce ne se trouve que dans la pomme et sa présence dans le jus est accidentelle.

C) Le groupe des Penicillium.

Les *Penicillium* sont les moisissures habituelles des fruits dont on peut citer quelques centaines d'espèces.

A sa naissance, le *Penicillium* est souvent blanc, cotonneux. Plus tard, les spores ou les conidies se forment en grand nombre et donnent une apparence de poudre à la culture qui est bleue ou brune, la couleur variant avec l'âge de la culture.

Le milieu de prédilection pour les cultures de *Penicillium* est le milieu de Czapeck sur lequel il pousse en 2 à 4 jours.

Les auteurs américains ont noté la présence dans les jus de pomme de nombreuses variétés de *Penicillium* et notamment :

Penicillium glabrum,
Penicillium spinalosum,
Penicillium cyaneum,
Penicillium brevis,
Penicillium lanosum,
Penicillium cyclopum,
Penicillium crutosum,
Penicillium steckii,
Penicillium expansum,
Penicillium glaucum.

D) Le groupe des hyphomycetes.

Il s'agit de :

Fusarium dont les spores sont retrouvées quelquefois après filtration du jus ;

Alternaria tenuis phosphora isolé à certains stades de fabrication, mais qui n'a pratiquement aucune incidence ;

Cladosporium herbarum, dont les colonies apparaissent en 8 jours. Les filaments bruns, cloisonnés portent des spores en longues chaînes ramifiées ;

Botrytis cinerea forme conidienne de *Sclerotinia fuckeliana*.

E) Le groupe des Blastomycetes.

On rencontre essentiellement dans le jus de pomme :

a) Des ascomycetes ;

et principalement les

Saccharomyces divers, agents de la fermentation alcoolique qui sont retrouvés à chaque étape de la fabrication du jus :

Saccharomyces ellipsoïdeus,
Saccharomyces cerevisiae,
Saccharomyces pastorianus,
Saccharomyces apiculatus (Willia anomala) ;

b) Des *fungi imperfecti* à formes bourgeonnantes dont les plus courantes sont :

Torulopsis, *Rhodotorula* que l'on trouve à tous les stades de la fabrication du jus, mais qui disparaissent après 8 mois de stockage ;

Mycoderma (Persoon, Emeud, Leberle) dont on rencontre plusieurs espèces et qui provoquent la maladie de la fleur ;

Geotrichum candidum et *lactis*.

F) Le groupe des Schizomycetes.

a) Les *Acetobacters*.

Ce sont de très petits bacilles, courts, immobiles, aérobies.

Ils ne donnent pas de spores. Ils utilisent beaucoup d'hydrates de carbone et d'alcool (pour donner, en particulier, l'acide acétique). Leur croissance est inhibée par la présence de CO_2 et ils sont détruits facilement par la chaleur à 65°.

Sur les pommes et dans le jus brut, ce groupe est représenté surtout par :

Acetobacter xylinum qui disparaît après 6 mois de stockage et qui est signalé en abondance sur le fruit lui-même ;

Acetobacter oxydans, beaucoup plus rare et qui a été isolé surtout dans les récipients qui contiennent les jus stockés.

b) Les bacilles lactiques.

On les retrouve dans les jus frais et les jus conservés. Ce sont des bâtonnets souvent longs et grêles qui font fermenter le glucose avec production :

— soit d'acide lactique seul (bacilles homofermentatifs ou *Thermobacterium*) ;

— soit d'acide lactique + acide acétique + alcool + CO_2 (bacilles heterofermentatifs ou *Betabacterium*).

Les bacilles lactiques isolés du jus de pomme appartiennent aux 2 groupes homofermentatifs et surtout heterofermentatifs.

Lactobacillus delbrückii,
Lactobacillus plantarum,
Lactobacillus leichmanii,
Lactobacillus buchneri,
Lactobacillus pastorianus,
Lactobacillus brevis,
Lactobacillus fermenti.

c) Bactéries diverses.

On peut encore rencontrer dans le jus de pomme toutes les espèces sporulées ou non, en particulier *Bacillus* provenant des eaux, de la terre, de l'air et qui peuvent être difficiles à éliminer, la pasteurisation pouvant respecter les spores ou organes de résistance.

Mais étant donnée la nature particulière du milieu (acidité, absence d'air) ces micro-organismes ne se développent pas et, sauf rares exceptions, finissent par mourir.

II - La lutte contre la flore spontanée ou d'apport du jus de pomme

Cette lutte contre la flore des jus de pomme est, en fait, essentiellement orientée contre les levures, les moisissures, les *Acetobacters* et les formes levures, tous micro-organismes trouvant dans le jus de pomme des conditions favorables à leur développement.

1. **Quelques procédés chimiques et physiques.**

L'addition au jus à dose suffisante pour inhiber le développement des levures, d'un antiseptique choisi en raison de son innocuité aux doses d'emploi, ainsi que de son absence de goût désagréable est un des procédés les plus simples.

Plusieurs antiseptiques sont utilisés à cette fin à l'étranger en particulier :

— *le benzoate de soude* (autorisé à 1 g par litre aux U. S. A. et à 0,570 g par litre en Angleterre) ;

— *l'acide monobromacétique* (autorisé provisoirement en France pendant la dernière guerre pour parer au manque de SO_2).

Mais en France seuls :

— *l'anhydride sulfureux ;*

— *le gaz carbonique* (procédé Böhi) sont autorisés et utilisés. Nous avons étudié leur mise en œuvre au chapitre « Fabrication » et n'y reviendrons pas ;

— *l'acide ascorbique* autorisé en France comme anti-oxygène intervient également par son pouvoir réducteur comme facteur inhibant le développement des moisissures.

Certains procédés physiques peuvent également être utilisés.

Le froid constitue une méthode de conservation du jus de pomme excellente, considérée du seul point de vue de la conservation du goût du fruit frais. Son utilisation est basée sur le fait qu'à la température de plusieurs degrés au-dessous de 0 le développement des levures, comme d'ailleurs des différents autres micro-organismes est stoppé. En pratique, malheureusement le coût extrêmement élevé des installations nécessaires rend ce procédé à peu près inemployé.

La filtration sur filtre bactériologique est également un procédé de choix de conservation du jus de pomme et nous en avons étudié la mise en œuvre au cours de la fabrication.

Citons encore certaines techniques qui n'ont pas dépassé le stade expérimental :

— utilisation de *radiations ionisantes ;*

— utilisation des *ultra-violets ;*

— traitement à l'*ozone ;*

— action d'*échangeurs de cations* destinés à éliminer les minéraux jouant un rôle important dans le métabolisme des micro-organismes tels que les ions magnésiens ou manganiques.

2. **La pasteurisation.**

C'est de loin le procédé le plus utilisé en pratique.

La pasteurisation a pour but — en principe — de détruire toute cellule végétative.

Les organes de résistance (spores) ne sont pas visés par la pasteurisation et c'est là la différence essentielle de ce procédé avec la stérilisation.

La pasteurisation faisant intervenir uniquement la chaleur, son but n'est pas forcément atteint chaque fois que l'on a affaire à des micro-organismes thermophiles ou thermorésistants.

Nous avons vu page 72 les différentes conditions habituelles de température et de temps utilisées en pratique et l'évolution de la technique de pasteurisation vers l'application de hautes températures pendant un temps extrêmement réduit.

Cette évolution et les modifications qui ont été apportées à la technique originelle, résultent du souci qu'ont les industriels non seulement d'assurer une action contre les micro-organismes efficace, mais encore de respecter au maximum les caractères organoleptiques du jus de pomme et essentiellement son goût.

L'adoption quasi générale du procédé HT - ST ou même de la pasteurisation-éclair s'explique facilement si l'on considère l'influence relative du temps et de la température sur les micro-organismes et sur les modifications de goût.

En effet, la durée d'action de la chaleur restant la même, le taux de léthalité thermique (T L T) des organismes augmente en gros de 10 fois pour une élévation de température de 10°.

Par contre, suivant les lois générales conditionnant la vitesse des réactions chimiques, les réactions responsables des modifications du goût n'augmentent, dans le même temps, que de 2 fois environ pour une même élévation de température.

Ainsi, tout en conservant la même efficacité de stérilisation, on peut en augmentant la température de 10° chauffer le jus pendant 10 fois moins longtemps, ce qui ne laisse plus aux réactions susceptibles de modifier le goût, le temps de se développer, de telle sorte que l'influence du facteur « temps - température » sur le goût se trouve, en définitive, considérablement réduite.

3. **Nettoyage des bouteilles et stérilisation des capsules.**

Il est nécessaire d'apporter le plus grand soin au nettoyage des récipients de réutilisation.

Le nettoyage manuel sera évité et remplacé par un nettoyage mécanique.

On effectue, en général, un lavage à la soude et une désinfection au chlore.

Ce traitement permet d'éliminer les formes végétatives des bactéries et les spores des champignons.

De plus, l'eau de rinçage, comme nous l'avons déjà dit, aura subi un traitement antiseptique, mais il faut éviter la persistance du désinfectant au moment de l'utilisation.

On pourrait utilement s'inspirer pour le jus de pomme des techniques de nettoyage et de désinfection des flacons utilisés pour certaines eaux minérales, que nous rappelons ci-dessous :

— immersion des bouteilles dans une solution de NaOH à 15 g par litre à 70° ;
— rinçage à l'eau à 40° ;
— désinfection par l'hypochlorite de sodium (eau de Javel + ClH) ou le bioxyde de chlore (chlorite de sodium + chlore) ;
— deux rinçages très soigneux.

Un soin particulier mériterait d'être apporté à la question de la stérilité du matériel de bouchage.

On peut, à ce sujet, s'étonner de la persistance du traditionnel bouchage au liège, matériel qui est une source de contamination par bacilles et moisissures et qui, de plus, est très difficile à garder stérile étant donnée sa porosité.

Nous pensons que s'inspirant en cela de certaines réalisations de l'industrie des eaux minérales, l'industrie du jus de pomme aurait intérêt à adopter la solution moderne des capsules en polyéthylène qui apportent spontanément moins de germes et sont faciles à stériliser à l'oxyde d'éthylène.

Ainsi seraient réalisées des conditions idéales évitant toute pollution après pasteurisation du jus.

4. **Nettoyage du matériel et de l'installation.**

Dans les grandes entreprises, il est impossible de démonter et nettoyer à la main le matériel.

Un système de pompes aspirantes et foulantes permettra la circulation continue de solutions détergentes, de liquides de rinçage, et des solutions chimiques selon un système proposé par W. Price-Davies et B.-M. Chandler :

— circulation d'eau froide, 3 minutes ;
— soude caustique à 0,5 pour cent à 71° pendant 20 minutes ;
— rinçage à l'eau froide, 5 minutes ;
— solution d'hypochlorite à froid, 30 minutes (200 p.p.m. de chlore) ;
— rinçage à froid, 10 minutes.

Les conduites ne doivent pas avoir d'angles morts ou d'aspérités qui ne permettraient pas l'atteinte par les solutions circulantes.

5. **Le pouvoir antibactérien du jus de pomme.**

La constatation d'un certain effet favorable du jus de pomme dans les infections intestinales a amené quelques chercheurs à en étudier l'éventuel pouvoir bactéricide.

a) *Travaux français.*

Les premiers auteurs ayant signalé un pouvoir bactéricide du cidre ou du jus de pomme sont deux rennais : E. Bodin et F. Pailheret.

Dès 1898, Bodin signalait la destruction du bacille typhique après 2 à 18 heures de séjour dans le cidre et rattachait ce pouvoir de destruction à l'acidité du milieu en précisant qu'un taux d'acide malique de 2 g pour mille au moins (ce qui est, en pratique, le cas de tous les cidres) était nécessaire pour que la destruction du bacille typhique ait lieu dans le délai indiqué.

En 1902, E. Bodin et F. Pailheret, dans une étude sur l'action de la fermentation alcoolique sur le bacille typhique et le colibacille, indiquaient que ces deux bacilles ne peuvent vivre dans du cidre.

b) *Travaux américains.*

En 1943, Forgacs et Tanner, dans une série de travaux portant sur l'étude de la longévité des bactéries pathogènes dans le jus de pomme, ont montré que ce dernier avait un pouvoir bactériostatique sur le colibacille, le bacille d'Eberth et les Salmonelles en général, ce pouvoir étant d'ailleurs plus élevé si l'on ajoutait au jus pur du tanin et de l'acide malique.

L'action inhibitrice sur ces différents germes varie avec le pH (plus le pH est acide, plus les germes sont tués rapidement) et avec la température, l'optimum de température étant situé entre 5° et 16°.

Ces auteurs ont, d'autre part, montré qu'en général le jus clarifié non pasteurisé, avait un pouvoir bactériostatique plus élevé que le jus trouble ou que le jus clarifié pasteurisé.

Notons au passage que ces auteurs ont utilisé un jus clarifié par filtration à travers la terre de diatomées.

c) *Travaux allemands.*

La même année (1943) Ursula Scholtz, en Allemagne, publiait une série de travaux de même ordre. Ces recherches sont basées sur l'aptitude qu'ont les milieux acides à tuer les microbes.

Nous n'étudierons ici que les travaux d'Ursula Scholtz ayant trait au jus de pomme, en rappelant seulement que ces travaux portaient également sur les jus de cerise et de cassis.

Scholtz U. montra d'abord le pouvoir bactériostatique de l'acide malique suivant un protocole d'expériences très simple qui consistait à ensemencer des tubes de bouillon dont le pH variait grâce à l'addition d'acide malique, avec *B. subtilis*, bacille de culture particulièrement facile et envahissante.

Elle montra ainsi que les cultures étaient totalement inhibées dans les tubes contenant un bouillon à pH 3,6 - 4,6 et 4, alors que les tubes à pH supérieur montraient une croissance normale du germe.

Elle constata que les germes n'étaient pas tués par le milieu acide, mais seulement inhibés puisque si, à l'aide d'un tampon, on amène les tubes ensemencés vers un milieu alcalin, la croissance des germes reprend immédiatement.

Prenant alors en considération la teneur en acide malique du jus de pomme, Ursula Scholtz examina l'action bactériostatique du jus de pomme lui-même.

Elle s'aperçut que le jus de pomme pur inhibait complètement les bacilles d'Eberth, para A, Gärtner et les colibacilles.

Elle montra que si l'on amenait le pH du jus initialement à 3,4 à un pH plus alcalin, la limite de croissance se situait à un pH 4.

Dans un second protocole d'expérience, elle prouva que le jus de pomme devait bien son pouvoir bactériostatique à l'acide malique en mettant en parallèle des cultures ensemencées dans du jus de pomme et dans des bouillons contenant 0,1 pour cent d'acide malique, ce qui représentait la teneur en acide du jus de pomme étudié.

Nous voyons donc que le pouvoir bactériostatique des jus de pomme est dû à leur pH bas, et aux acides organiques présents.

Il faut y ajouter quelques travaux concernant le rôle de la *température* du stockage des jus de fruits.

C'est ainsi que Mossel a étudié le stockage du jus de pomme à des températures de 5° ou de 25°. Il l'a ensemencé avec différents

Enterobactériaceae et a noté les temps nécessaires pour que le nombre de germes présents soit réduit de 10 000 fois.

Il a montré que ces germes persistent beaucoup plus longtemps (plusieurs semaines) dans le jus de fruits stockés au froid à 5° que dans ceux conservés à 25°.

Beerens H. a étudié le comportement de germes *anaérobies* dans le jus de pomme.

La diminution des formes végétatives varie selon les souches.

Des spores de *Cl. botulinum A.* introduites dans le jus peuvent survivre, mais sans se développer et sans produire de toxine décelable.

Si l'on utilise des jus de pommes neutralisés le développement des *Clostridium* y devient très important. Ce qui prouve encore le rôle du pH, mais, fait à noter, là encore il n'y a pas formation de toxine botulique.

III - Etude expérimentale

Dans une série d'expériences personnelles destinées à vérifier ou à compléter les données précédemment rappelées de la littérature, nous avons étudié les points suivants :

1. La flore du jus de pomme brut ;
2. La flore de divers jus du commerce pasteurisés ;
3. Le pouvoir bactériostatique du jus de pomme.

1. La flore du jus de pomme brut.

Notre matériel d'étude a consisté dans les 2 jus bruts obtenus au laboratoire, répertoriés jus brut n° 1 et jus brut n° 2 (voir page 25).

A) Numération.

Nous avons d'abord opéré la numération directe des germes à la cellule de Malassez, sur le jus brut n° 1.

Une telle numération répétée plusieurs fois a montré une moyenne de 350 000 germes par ml.

Nous ne nous illusionnons pas sur la valeur de cette technique grevée de lourdes causes d'erreur tenant essentiellement à la présence dans le liquide examiné de particules organiques difficiles à distinguer des germes et à la quasi impossibilité de distinguer les cocci au grossissement utilisé.

Nous avons également examiné le jus brut n° 2, mais devant l'imprécision de la lecture directe à la cellule de Malassez, nous avons ici réalisé des cultures en gélose à 37° et à 22°, de 1 ml de dilutions croissantes de jus, du 1/1 000 au 1/10 000 000.

A la dilution 1/10 000, nous avons observé 30 colonies, ce qui correspond à la présence de 3 000 000 de germes par ml.

Nous n'avons aucunement la prétention de considérer les chiffres obtenus soit par numération directe, soit après culture, comme définitifs. Leur interprétation doit tenir compte de trop nombreuses causes de variations, dont une nous est apparue nettement : le délai écoulé entre la récolte et la « fabrication » du jus expérimental.

Toutefois, nous avons tenu à les rapporter ici, à titre d'information d'une part, et, d'autre part, comme élément de base pour juger ultérieurement de l'efficacité de la pasteurisation, que nous verrons plus loin.

B) Examen bactériologique.

Le jus brut expérimental n° 1 a servi à ensemencer les différents milieux décrits ci-dessus, pages 125 et suivantes et après séjour à l'étuve à 22° ou 37°, les différents germes furent isolés et identifiés selon les techniques que nous avons exposées.

Cet examen a mis en évidence la présence de :

— *Mucor* assimilable à *M. mucedo ;*

— *Aspergillus* assimilable à *A. nidulans ;*

— *Penicillium* assimilable à *P. glabrum ;*

— Levures diverses présentant les caractères des *Saccharomyces ;*

— Nombreux *Acetobacter ;*

— *Lactobacillus* assimilable à *L. plantarum.*

On voit que nous avons retrouvé dans le matériel étudié, les principales espèces de micro-organismes décrites par les auteurs et que, à la lumière de notre expérience personnelle du moins, la description de la flore de la pomme et du jus brut qui est donnée dans la littérature, paraît très générale et s'applique, dans ses grandes lignes, aussi bien aux variétés françaises qu'aux variétés américaines et anglaises.

2. Efficacité de la pasteurisation.

En France, les jus de pomme et concentrés industriels sont, en pratique, tous conservés par pasteurisation.

Il nous a semblé intéressant de voir quelle était l'efficacité de cette pasteurisation : nous avons étudié les 4 jus de pomme A, B, C, D

et les 2 concentrés E et F connus de nous comme étant effectivement traités par pasteurisation. Les modalités des pasteurisations mises en œuvre ne nous ont pas été communiquées par les fabricants. Mais cette absence de renseignements ne nous a pas paru gênante, notre but étant de nous mettre à la place du consommateur moyen et d'apprécier la qualité bactériologique de jus du commerce non spécialement choisis.

Pour chaque produit étudié, nous avons utilisé deux méthodes d'examen :

a) l'une classique par prélèvement et repiquage ;

b) l'autre plus récente : adaptation au jus de pomme de la technique d'étude par filtration.

A) Technique par prélèvement et repiquage.

a) *Examens effectués.*

— numération des germes totaux par dilution et ensemencement ;

— recherche des coliformes sur milieu éosine bleu de méthylène ;

— recherche des anaérobies sur gélose Veillon et milieu de Wilson Blair et Maud ;

— recherche des levures sur milieu de Sabouraud et malt gélosé ;

— recherche des moisissures sur milieu de Czapeck.

b) *Résultats.*

Nous avons obtenu les résultats rapportés dans le tableau XXII, page 145.

Ils démontrent que les jus et concentrés (A, B, C, E, F) se sont montrés libres de tout micro-organisme, donc parfaitement stérilisés par la pasteurisation industrielle à laquelle ils ont été soumis.

Le seul produit à avoir montré une pasteurisation défectueuse est un jus (D). Renseignements pris auprès du fabricant auquel nous avons rendu visite, il s'agissait d'un jus de fabrication semi-artisanale, pasteurisé suivant la technique ancienne (30 minutes à 63°), dans des conditions d'une relative précarité.

B) Technique par filtration.

a) *Technique.*

Nous avons utilisé la filtration sur membrane CO_5 (*Spezial Membranfilter* CO_5 *Gottigen* fournies par Laboratoire Moderne) et l'avons appliquée au jus du commerce référencé B dans nos précédentes expériences.

TABLEAU XXII

Vérification de l'efficacité pratique des pasteurisations industrielles.

	Germes totaux par ml	Nombre de colonies par ml			
		a	b	c	d
Jus A.....	6	0	0	0	0
Jus B.....	8	0	0	0	0
Jus C.....	5	0	0	0	0
Jus D.....	24 000	0	4	63	18
Concentré E....	2	0	0	0	0
Concentré F ...	1	0	0	0	0

Légende :

a = Coliformes.
b = Germes anaérobies.
c = Moisissures.
d = Levures.

Sur chaque membrane, nous avons filtré :

— soit 100 ml de jus de pomme, puis 100 ml de sérum physiologique stérile ;

— soit 1 ml de jus, puis 4 ml de sérum physiologique stérile.

Les membranes ont été placées sur les milieux suivants à l'étuve à 37° ou à 22° (milieux fournis par l'Institut Pasteur) :

— gélose nutritive ordinaire ;
— gélose nutritive glucosée ;
— gélose au sang de cheval à 5 pour cent ;
— gélose lactosée au bromocrésol pourpre ;
— gélose hypersalée de Chapman ;
— milieu de Sabouraud.

b) *Résultats.*

Nos résultats sont exposés dans les tableaux XXIII et XXIV, pages 146 et 147.

TABLEAU XXIII

Filtration de 100 ml de jus de pomme pur sur membrane CO_5 suivie du passage de 100 ml de sérum physiologique stérile

Milieux utilisés	Nombre moyen des colonies développées	
	Lecture après 48 h à 37°	Lecture après 5 jours à 22°
Gélose ordinaire	0	0 à 2 colonies de moisissures ou levures.
Gélose glucosée.....	0	0 à 2 colonies de moisissures ou levures 0 à 1 colonie de bacilles Gram +
Gélose au sang.....	0	15 à 20 colonies au total représentées par : — des moisissures ou levures (5 à 7) — des bacilles Gram + — 1 colonie de bacilles Gram —
Milieu de Chapman..	0	1 à 5 colonies de moisissures 0 à 2 colonies de bacilles Gram —
Gélose lactosée au bromocresol pourpre	0 à 1 colonie de bacilles Gram +	— nombre variable (2 à 5) de colonies de moisissures ou levures. — 1 colonie de bacilles Gram + — 0 à 1 colonie de bacilles Gram — ne fermentant pas le lactose.
Milieu de Sabouraud.	0 à 1 colonie de levures 0 à 5 colonies de cocci Gram + en tétrades	1 à 2 colonies de levures ou moisissures. 0 à 1 colonie de bacilles Gram +.

TABLEAU XXIV

Filtration de 1 ml de jus de pomme sur membrane CO_5 suivie du passage de 4 ml d'eau physiologique stérile

Milieux utilisés	Lecture après 48 h à 37°	Lecture après 5 jours à 22°
Gélose ordinaire.....	0	0
Gélose glucosée.....	0	0
Gélose au sang.....	0	0
Milieu de Chapman.....	0	0
Gélose lactosée au bromocrésol pourpre.....	0	0
Milieu de Sabouraud....	0	0

La mise en œuvre de la technique par filtration nous a permis d'apprécier ses avantages et son élégance :

— possibilité d'explorer un volume important de jus de pomme (100 ml) ;

— aucune obligation de modifier le pH du jus ;

— facilité de lecture du résultat : la lecture du nombre de colonies lactose + est immédiate sur milieu lactosé.

C) Discussion et norme de qualité bactériologique.

Les expériences de vérification de l'efficacité de la pasteurisation font aborder le problème des normes bactériologiques de qualité du jus de pomme.

En effet, il serait d'un intérêt évident, tant pour le fabricant que pour le consommateur, d'établir une définition de la pureté microbiologique du jus de pomme.

Cette question soulève cependant des difficultés que les auteurs continuent d'étudier et les experts internationaux ont récemment (novembre 1960) souligné la difficulté d'aboutir, réservant pour l'instant leur décision définitive.

En l'absence de prise de position formelle de la part des experts, on conçoit que la législation française n'impose aucune norme bactériologique précise au jus de pomme en dehors du test de fermentation qui permet d'affirmer l'absence de tout antiseptique (sauf SO_2 à la dose légale).

On pourrait souhaiter toutefois que ce test soit complété par une vérification de la pureté bactériologique des jus qui, compte tenu de travaux expérimentaux sur des jus du commerce, pourrait porter à la fois :

a) Sur la numération des germes vivants ;

La technique de filtration sur membrane nous paraît bien adaptée à ce genre de détermination et, faute de norme plus sévère, l'on pourrait exiger l'absence de culture après filtration d'1 ml de jus de pomme.

b) Sur la recherche — des Coliformes,
— des anaérobies,
— des levures et moisissures.

3. **Pouvoir bactériostatique du jus de pomme.**

Nous avons étudié le pouvoir bactériostatique et bactéricide des 4 jus de pomme commerciaux précédemment référencés A, B, C et D et du concentré G, ce dernier étant dilué au 1/7 par addition d'eau stérile.

Les jus purs A et B avaient pour pH 3, les jus C et D ainsi que le concentré G dilué avaient un pH à 3,2.

Les germes à étudier étaient cultivés sur bouillon ordinaire.

Il s'agissait :

— d'un *Eberthella typhosa* souche n° 489 IPL (Lysotype A, Biotype I) ;
— d'un *Escherichia coli* souche n° 24 IPL ;
— d'un *Proteus vulgaris* souche n° 298 IPL ;
— d'un *Bacillus subtilis* souche n° 2 160 IPL.

Pour chacun des 5 produits A, B, C, D et G, nous avons réalisé, par addition croissante de bouillon stérile, une série de 6 tubes correspondant aux pH suivants :

	Jus A et B	*Jus C-D Concentré G dilué*
1er tube : jus pur.....	pH 3	pH 3,2
2e tube : jus + bouillon.....	3,6	3,8
3e tube : jus + bouillon	4	4,2
4e tube : jus + bouillon.....	5	5
5e tube : jus + bouillon.....	5,6	5,6
6e tube : jus + bouillon.....	6,5	6,5

Chacun de ces 30 tubes a été ensemencé avec 0,2 ml du mélange des bouillons de culture des 4 souches ci-dessus et porté à l'étuve à 37° pendant 24 heures.

Après ce séjour à l'étuve, des boîtes de Pétri contenant les milieux sélectifs de chaque souche, à savoir :

— pour l'*Escherichia coli* et le *Proteus vulgaris* : le milieu E.M.B. ;

— pour le *Bacillus subtilis* : la gélose ordinaire ;

— pour l'*Eberthella typhosa* : le milieu de Kristensen ;

ont été ensemencés avec chaque tube. Les résultats que nous avons obtenus, sont consignés dans les tableaux XXV, XXVI, XXVII, XXVIII et XXIX, pages 149 et 150, où le nombre de croix représente l'importance du nombre de colonies obtenues sur boîte de Pétri.

TABLEAU XXV

Comportement des germes dans le jus A

pH	Escherichia coli	Eberthella typhosa	Proteus vulgaris	Bacillus subtilis
3	0	0	0	0
3,6	0	0	0	0
4	0	0	+	+
5	++	++	++	++
5,6	++	++	+++	+++
6,5	+++	+++	+++	+++

TABLEAU XXVI

Comportement des germes dans le jus B

pH	Escherichia coli	Eberthella typhosa	Proteus vulgaris	Bacillus subtilis
3	0	0	0	0
3,6	0	0	0	0
4	0	0	++	++
5	++	++	++	++
5,6	++	++	+++	+++
6,5	+++	+++	+++	+++

TABLEAU XXVII

Comportement des germes dans le jus C

pH	Escherichia coli	Eberthella typhosa	Proteus vulgaris	Bacillus subtilis
3,2	0	0	0	0
3,8	0	0	0	0
4,2	+	+	++	++
5	++	++	++	++
5,6	++	++	+++	+++
6,5	+++	+++	+++	+++

TABLEAU XXVIII

Comportement des germes dans le jus D

pH	Escherichia coli	Eberthella typhosa	Proteus vulgaris	Bacillus subtilis
3,2	0	0	0	0
3,8	0	0	+	+
4,2	+	+	++	++
5	++	++	++	++
5,6	+++	+++	+++	+++
6,5	+++	+++	+++	+++

TABLEAU XXIX

Comportement des germes dans le concentré G

pH	Escherichia coli	Eberthella typhosa	Proteus vulgaris	Bacillus subtilis
3,2	0	0	0	0
3,8	0	0	0	0
4,2	0	0	+	+
5	++	++	++	++
5,6	+++	+++	+++	+++
6,5	+++	+++	+++	+++

En résumé, on peut voir que l'*Eberthella typhosa* et l'*Escherichia coli* ont été tuès par contact de 24 h. à 37° avec les jus de pomme ou les concentrés dilués dans les tubes ayant un pH inférieur ou égal à 4, puisque les repiquages sur milieux sèlectifs ne poussent pas.

Le *Bacillus sublilis* et le *Proteus vulgaris* sont tués, eux, dans les tubes à pH inférieur ou égal à 3,6.

A partir des tubes à pH égal ou supérieur à 5, les repiquages donnent des cultures florissantes pour les 4 souches étudiées, les différences entre les 4 jus et le concentré étudiés étant très minimes.

Nous avons donc obtenu des résultats sensiblement équivalents à ceux des auteurs allemands et américains, toutefois la limite de croissance que nous avons observée, correspondant au pouvoir bactéricide du jus de pomme, se situe à un pH plus bas voisin de 4.

Ces différents essais nous permettent donc de conclure que le jus de pomme présente un pouvoir bactériostatique ou bactéricide en relation avec son pH, ce qui est à prendre en considération pour l'appréciation de son intérêt hygiénique.

VI

CONTRÔLES PRATIQUES DE LA QUALITÉ DU JUS DE POMME ET DE SON CONCENTRÉ

I - Examen organoleptique

Malgré son caractère subjectif et empirique, l'examen organoleptique revêt, pour le jus de pomme comme, plus généralement, pour tous les produits alimentaires, une importance primordiale : le fabricant a là un moyen simple de contrôler la qualité « globale » du produit.

On attache donc un soin tout particulier au contrôle :

— de la saveur ;

— de la couleur ;

— de l'aspect.

L'évaluation de ces différents points se prête mal à la mise en œuvre de méthodes instrumentales objectives. Seule la couleur pourrait à la rigueur faire l'objet d'un contrôle au comparateur ou au photomètre, mais il est, en pratique, difficile d'établir un étalon de référence, la couleur pouvant varier dans une gamme très large, tout en restant compatible avec une bonne qualité.

On se trouve donc conduit à adopter une méthode subjective en ayant recours à un jury composé d'au moins trois experts dont chacun note séparément, pour chaque échantillon, les caractères de saveur, couleur, aspect examinés. Des moyennes sont alors établies pour un classement final.

II - Analyses physiques et chimiques

Etant donné le nombre des différents examens physicochimiques auxquels on peut soumettre le jus de pomme, nous en donnerons d'abord une vue d'ensemble, nous réservant de décrire ensuite les différentes techniques opératoires de ces contrôles.

1. **Vue d'ensemble.**

A) Les analyses obligatoires.

La législation française n'est formelle que sur deux points :

a) la teneur en SO_2 ;

b) la teneur en alcool.

B) Les analyses recommandées par la Norme.

La Norme française demande, de plus, pour admettre un jus de pomme dans une des catégories « extra » ou « courante » prévues, qu'il réponde à certains caractères physico-chimiques concernant :

a) *La densité.*

Parmi les recommandations de la Norme, c'est l'une de celles qui est le plus volontiers suivie par les fabricants, même les moins bien équipés, tant pour sa facilité d'exécution que pour son intérêt pratique. En effet, la densité d'un jus donne un indice de la qualité et de la valeur nutritive, puisqu'elle dépend de la teneur en corps solubles, c'est-à-dire, en pratique, en sucres.

b) *L'acidité titrable.*

Le dosage de l'acidité libre totale, encore dite acidité titrable, est indispensable, les acides organiques constituant une caractéristique du jus qui, du point de vue gustatif aussi bien que du point de vue de la conservation, a une importance équivalente à celle des sucres. La Norme donne la faculté d'exprimer l'acidité titrable en milliéquivalents ou en grammes d'acide malique par litre. On l'exprime souvent également en acide sulfurique.

c) *Impuretés minérales insolubles, plomb, arsenic.*

Bien que ces différents examens soient explicitement recommandés par la Norme « jus de pomme », nous ne les citerons ici que pour mémoire, sans en décrire les techniques. Ils ont, en effet, pratiquement perdu tout intérêt et, de l'avis des techniciens officiels du Ministère de l'Agriculture, ils ne persistent dans la Norme qu'en raison de la date de sa rédaction.

Les matières insolubles constituées par des sables sont un défaut grossier devenu exceptionnel.

Les exigences des rédacteurs de la Norme concernant le plomb tiennent aux circonstances d'occupation et de guerre qui avaient amené une particulière surveillance des produits alimentaires conditionnés dans des récipients de fer-blanc dont la qualité était, à l'époque, douteuse.

Les matières premières fournies par l'industrie du fer-blanc sont aujourd'hui parfaitement exemptes de traces de plomb et il n'y a actuellement aucun risque de contamination du jus de pomme par de tels toxiques minéraux.

De plus, l'abandon à peu près général des pesticides et des anticryptogamiques phytopharmaceutiques à base de plomb et

d'arsenic a fait disparaître une autre cause éventuelle de contamination par persistance de résidus de pulvérisations sur les pommes.

Pour ces différentes raisons, la recherche du plomb et de l'arsenic dans le jus de pomme, qui exige des manipulations longues et délicates et un appareillage complexe, a été abandonnée puisque devenue sans objet.

C) Analyses souhaitables.

Nous avons groupé sous ce titre quelques examens complémentaires relativement simples et de nature à apporter des renseignements intéressants sur les qualités diététiques du jus de pomme.

a) *Dosage de l'extrait sec.*

La détermination de l'extrait sec a une importance primordiale dans l'analyse d'un jus de pomme, car l'extrait sec représente la « richesse » du jus.

b) *Mesure du pH.*

Le pH joue un rôle essentiel dans la saveur et la stabilité du jus de pomme : certaines réactions chimiques et surtout biologiques telles que la croissance ou l'inhibition des micro-organismes en dépendant étroitement.

c) *Dosage des sucres.*

Les sucres sont des constituants essentiels du jus de pomme, auquel ils confèrent sa valeur nutritive.

A ces analyses, il serait intéressant, du point de vue diététique, d'ajouter le dosage de la vitamine C. Mais il s'agit d'une détermination difficile à recommander systématiquement comme examen de routine. C'est pourquoi nous n'en décrirons pas la technique détaillée correspondant à l'application de la méthode classique de Tillmans et Emmerie et Van Eekelen, dite méthode T E E améliorée par Fellenberg et Wendland (qui a remplacé la réduction par barbotage de SH_2 par la thioacétamide).

2. **Techniques.**

A) Dosage de l'anhydride sulfureux.

L'anhydride sulfureux peut exister dans le jus de pomme à l'état libre ou à l'état combiné. Le dosage est effectué commodément par la méthode classique de Ripper avant et après action de la potasse ou de la soude N à froid qui décompose les combinaisons sulfureuses organiques.

a) *Réactifs nécessaires.*

— Acide sulfurique au 1/3 ;

— Soude caustique à 40 g au litre, soit approximativement N/1 ;

— Iode N/50. (Solution titrée exactement) ;

— Empois d'amidon.

b) *Technique du dosage.*

α) *Dosage de l'acide sulfureux libre.*

Dans une fiole d'Erlenmeyer introduire 50 ml de jus de pomme. Ajouter quelques gouttes d'acide sulfurique au 1/3 et un peu d'empois d'amidon.

Titrer aussitôt sans attendre en agitant constamment avec la solution d'iode N/50 jusqu'à coloration bleu persistante.

1 ml d'iode N/50 = 0,64 mg de SO_2

Si V est le volume en ml d'iode N/50 versé, la teneur du jus de pomme en acide sulfureux libre est donnée par la formule :

$$\text{mg de } SO_2 \text{ libre par litre} = \frac{0{,}64 \times V \times 1\,000}{50}$$

β) *Dosage de l'acide sulfureux total.*

Dans une fiole conique de 250 ml bouchée à émeri, introduire 50 ml de jus de pomme, puis 25 ml de soude N.

Boucher, agiter et laisser en contact pendant 1/4 d'heure.

Aciduler avec 10 ml d'acide sulfurique au 1/3 et titrer comme ci-dessus par l'iode N/50 en présence d'empois d'amidon.

On fait le même calcul que pour le dosage de l'acide sulfureux libre : la différence entre les deux dosages donne la teneur du jus de pomme en anhydride sulfureux combiné.

Cette méthode est simple et rapide, largement suffisante, bien qu'approximative. Il ne s'agit pas d'un dosage extrêmement précis, mais d'une technique permettant de vérifier simplement si la teneur en SO_2 ne dépasse pas la Norme légale.

B) Dosage chimique de l'alcool.

Nous proposons la méthode de Cordebard.

Elle repose sur la distillation, puis l'oxydation à froid de l'alcool par un excès de bichromate de potassium en solution nitrique. Cet excès, traité par une solution d'iodure de potassium, libère quantitativement de l'iode que l'on titre par l'hyposulfite de sodium, la fin de la réaction étant appréciée par le changement de couleur.

a) *Réactifs.*

— *Solution de bichromate* = 3,379 g de bichromate de potassium pur, dans 1 000 ml d'acide nitrique *pur exempt de vapeurs nitreuses* (Pour éliminer les vapeurs nitreuses que peut contenir NO_3H, on fait barboter de l'air pendant 15 minutes dans l'acide, par aspiration à l'aide d'une trompe à vide). 1 ml de cette liqueur correspond :

en poids à 0,793634 mg d'alcool
ou en volume à 1/10 ml d'une solution alcoolique à 1° .

— *Hyposulfite de sodium*, correspondant volume à volume à la solution de bichromate.

On dissout 17,1 g de $S_2O_3Na_2$, 5 H_2O dans l'eau distillée bouillie et on ajoute ensuite quelques centigrammes de carbonate de sodium. On complète à 1 000 ml.

— *Solution d'iodure de potassium à* 10 *pour cent.*

b) *Technique.*

Dans un ballon à distiller, on introduit 20 ml de jus de pomme et 50 ml d'eau. On distille et on recueille le distillat à l'aide d'un tube effilé prolongeant le réfrigérant et plongeant dans un ballon jaugé à 200 ml renfermant 25 ml d'eau distillée. La distillation terminée, on complète le volume du distillat à 200 ml exactement.

Dans un flacon émeri de 60 ml, on introduit 10 ml du distillat et 20 ml de la liqueur de bichromate. On bouche soigneusement et on agite pour mélanger. On laisse en contact 15 minutes, en agitant de temps en temps.

Puis, on verse le contenu du flacon dans un autre flacon émeri de 200 ml environ, renfermant 10 ml de la solution d'iodure de potassium et 100 ml d'eau. On rince soigneusement le bouchon émeri et le flacon à l'eau distillée et on ajoute ces eaux de lavage dans le flacon de 200 ml.

On titre l'iode libéré par l'excès de bichromate en versant goutte à goutte la solution d'hyposulfite de sodium contenue dans une burette jusqu'à coloration bleue de la liqueur.

Calcul : Soit V le volume d'hyposulfite versé, le titre alcoolique du jus de pomme sera de (20 — V) × 0,1 = degré alcoolique (alcool pour cent en volume).

C) Mesure de la densité.

a) *Dans les jus clairs ou troubles*, la densité est mesurée par la méthode classique à l'aide d'un densimètre de précision en tenant compte de la température. Les densimètres utilisés en pratique souvent

appelés mustimètres ou pèse-moûts ou glucomètres sont construits pour être utilisés soit à 15°, soit à 20°.

Il suffit de prendre quelques précautions : homogénéité de l'échantillon, absence d'air émulsionné, élimination des mousses en surface, utilisation d'une éprouvette suffisamment large, lecture bien horizontale à la base du ménisque.

b) *Pour les concentrés* l'emploi d'un densimètre s'avère peu pratique étant donnée la viscosité du produit, qui peut entraîner des erreurs. On utilise donc soit la pycnométrie qui est une méthode longue et délicate, soit la méthode préconisée par Dupaigne : *la colonne à gradiant de densité*, reposant sur le principe suivant :

On établit la densité d'une goutte du produit étudié en notant la position d'équilibre qu'elle acquiert en vertu du principe d'Archimède au sein d'un milieu constitué par une superposition de couches de mélanges de densité variable.

En pratique, on opère de la façon suivante :

On prend une éprouvette graduée que l'on remplit avec des mélanges (non miscibles à l'eau) en proportion variable de chloroforme et d'éther de pétrole, chacun étant séparé du suivant par une mince couche d'eau. Puis, on agite doucement à l'aide d'un fil de fer, les surfaces de séparation. L'éprouvette est ensuite bouchée et on étalonne les graduations à l'aide de solutions salines de densité connue en mettant une goutte de ces solutions en surface. Ces gouttes descendent dans l'éprouvette, puis remontent et s'arrêtent à une position d'équilibre déterminant ainsi une certaine densité. La même expérience est faite avec des gouttes de concentré et la densité est alors calculée par interpolation.

D) Dosage de l'acidité de titration.

Il s'agit d'un dosage classique effectué à chaud avec un indicateur coloré très sensible.

a) *Réactifs nécessaires.*

— Soude décinormale, titrée exactement ;

— Indicateur mixte de Burroughs :

Bleu de bromothymol.....	0,250	g
Rouge de phénol.....	0,125	g
Soude décinormale.....	7,5	ml
Eau distillée bouillie q.s.p.....	250	ml

Ainsi préparé, l'indicateur est de couleur vert-jaunâtre.

b) *Mode opératoire.*

On introduit 100 à 120 ml d'eau distillée dans un Erlenmeyer en Pyrex, et 1 ml d'indicateur. On porte le liquide à l'ébullition et on maintient celle-ci quelques minutes pour chasser l'acide carbonique. On neutralise l'eau par addition de I à II gouttes de soude décinormale.

On introduit dans l'eau chaude 5 ml de jus de pomme exactement mesurés à la pipette de précision à 2 traits. On verse goutte à goutte la soude décinormale contenue dans une burette de précision graduée au 1/20 de ml, jusqu'à virage de l'indicateur, celui-ci vire du jaune au vert, puis au gris bleuté avec un reflet pourpre, cette dernière coloration étant le point de virage. Avec cet indicateur, le virage est beaucoup plus net qu'avec la phénolphtaléine.

Soit V le volume de soude décinormale versé, l'acidité du liquide en grammes d'acide sulfurique par litre est donnée par la formule :

$$\frac{4{,}9 \times V \times 1\,000}{1\,000 \times 5} = 0{,}98 \times V$$

Pour exprimer le résultat en acidité malique, il suffit de remplacer, dans la formule ci-dessus, 4,9 (valence de l'acide sulfurique) par 6,7 (valence de l'acide malique).

E) Extrait sec.

Extrait sec à 100°.

On évapore 20 ml de jus de pomme dans une capsule de nickel, capsule réglementaire de 55 mm de diamètre, au bain-marie à 100° pendant 6 heures. Puis on pèse. Cette méthode primitivement utilisée pour le vin, est, en réalité, mal adaptée à l'analyse du jus de pomme trop sucré qui caramélise et noircit.

Nous ne la rapportons ici que parce qu'elle a eu pendant un temps une valeur officielle en France.

Méthode à l'étuve de Chopin à 70°.

Mise au point par Tavernier, elle s'inspire de la technique sur bande de papier de Pierr et Meinroth qui consiste à sécher à l'étuve un volume connu de produit imbibant une bande de papier filtre séché et taré. On pèse après dessiccation.

a) *Matériel.*

— *Etuve système Chopin.*

C'est une étuve multicellulaire, isothermique, à bloc chauffant électrique, supportant le vide, dont la température est constante et précise.

— *Papier « Chardin » mou.*

On coupe des bandes de papier de 22 mm de large et 80 cm de long (ces dimensions ont été déterminées d'après le volume à évaporer et correspondent à un volume de 10 ml). Ces bandes sont mises à tremper pendant 6 à 8 heures dans un cristallisoir contenant un mélange d'HCl et d'eau (10 ml d'acide pur dans 2 l d'eau). On lave ensuite le papier à l'eau courante, puis à l'eau distillée.

b) *Technique.*

Dans une capsule d'acier inoxydable de 62 mm de diamètre et de 25 mm de haut, on place la bande papier Chardin préparée comme il est dit plus haut, enroulée en spirale sur un axe vertical de forme prismatique dont la coupe constitue un triangle équilatéral de 1 cm de côté. On met à sécher le tout à l'étuve à 70° pendant 1 h. Puis on refroidit et on tare.

On imbibe régulièrement le papier avec 10 ml de jus de pomme mesurés à la pipette à deux traits. On porte à l'étuve sous vide à 70° pendant 6 heures. On refroidit et on pèse.

F) Mesure du pH.

Les mesures du pH sont faites au pHmètre à électrode de verre, d'un emploi facile, qui donne directement le pH après un réglage rapide et qui n'utilise que de petites quantités de produit.

G) Dosage des sucres.

Les principaux sucres que renferme le jus de pomme sont le saccharose, le glucose et le levulose. On détermine le taux des sucres réducteurs avant et après interversion et on en déduit le saccharose par différence.

On peut également réaliser le dosage des 3 sucres séparés en pratiquant, de plus, des mesures de déviation polarimétrique qui permettent d'établir un système de 3 équations d'où on tire les 3 inconnues.

a) *Dosage des sucres réducteurs (glucose + levulose).*

Le jus doit être dilué de manière à amener sa teneur en sucre réducteur au voisinage de 5 g par litre. On dilue en général au 1/20 et on profite de cette dilution pour déféquer.

Réactifs :

— Liqueur de Fehling titrée ;

— Sous-acétate de plomb.

Technique.

Introduire 10 ml de jus de pomme dans un ballon de 200 ml.

Ajouter quelques gouttes de sous-acétate de plomb, puis environ 50 à 100 ml d'eau et enfin une petite pincée de carbonate de sodium pour précipiter le plomb en excès.

Compléter à 200 ml. Mélanger et filtrer (s'assurer que le filtrat ne contient pas de plomb).

Ce filtrat placé dans une burette graduée sert à effectuer la réduction à l'ébullition de 10 ml de liqueur de Fehling titrée :

— Soit P le titre de cette liqueur (poids de sucre interverti nécessaire pour réduire 10 ml) ;

— Soit n le nombre de ml de filtrat utilisé.

$$\text{Sucre interverti par litre} = \frac{P \times 1\,000 \times 20}{n}$$

b) *Dosage des sucres totaux (saccharose + glucose + levulose).*

On intervertit le saccharose en ajoutant au jus de pomme 2 pour cent d'acide chlorhydrique pur et en portant au bain-marie bouillant pendant 5 à 10 minutes.

On refroidit et neutralise l'acide en s'aidant de papier de tournesol.

On opérera ensuite le dosage du sucre comme indiqué ci-dessus.

Le chiffre trouvé représente les sucres intervertis totaux.

Le saccharose est donné par l'équation suivante :

Saccharose = (sucre total — sucres réducteurs) × 0,95.

(0,95 étant le coefficient qui tient compte de l'augmentation de poids résultant de l'hydrolyse du saccharose pour donner glucose ou levulose).

c) *Appréciation approximative de la richesse du jus de pomme en sucres.*

Les sucres étant de loin les constituants les plus importants du jus de pomme, il est possible de déduire de la densité du jus de pomme une valeur approchée du taux des sucres totaux.

Des tables établies expérimentalement par divers auteurs donnent directement les richesses en sucres correspondant aux différentes densités.

TABLEAU XXX

CORRESPONDANCE ENTRE LA DENSITÉ, LA TENEUR EN SUCRES ET LE DEGRÉ D'ALCOOL EN PUISSANCE

Densité	Sucres totaux en g par litre	Alcool en puissance en degré
1 030	61,5	3,55
1 031	64,0	3,7
1 032	66,0	3,85
1 033	68,0	3,95
1 034	70,0	4,1
1 035	72,5	4,2
1 036	74,5	4,35
1 037	76,5	4,45
1 038	79,0	4,6
1 039	81,0	4,75
1 040	83,5	4,9
1 041	86,0	5,05
1 042	88,0	5,15
1 043	90,5	5,3
1 044	93,0	5,45
1 045	95,5	5,6
1 046	98,0	5,75
1 047	100,0	5,9
1 048	102,5	6,05
1 049	105,0	6,2
1 050	107,5	6,35
1 051	110,0	6,5
1 052	112,0	6,6
1 053	114,5	6,75
1 054	117,0	6,9
1 055	119,5	7,05
1 056	122,0	7,2
1 057	124,0	7,3
1 058	126,5	7,45
1 059	129,0	7,6
1 060	131,0	7,75
1 061	133,0	8,0
1 063	137,0	8,1
1 064	139,5	8,25
1 065	141,5	8,35
1 066	143,5	8,5
1 067	145,5	8,6
1 068	147,5	8,75
1 069	150,0	8,9
1 070	152,0	9,0

N'exigeant qu'un matériel simple, se réduisant à un densimètre, cette méthode est à la portée du plus modeste producteur et peut ainsi rendre des services en pratique.

Nous reproduisons dans le tableau XXX, page 164, la table de correspondance entre la densité et la teneur en sucres des jus utilisée par le Syndicat National des Cidriers (et qui donne également le degré d'alcool en puissance).

Notons qu'à défaut de table, on peut trouver à quelques grammes près, le poids de sucre en grammes par litre d'un jus de pomme en multipliant les 2 derniers chiffres de sa densité par 2,15.

Ex. : Pour une densité de 1 060, la richesse en sucres en grammes par litre est approximativement de 60 × 2,15 g = 129 g environ.

III - Contrôles bactériologiques

1. **Contrôle obligatoire.**

La loi française exige l'absence de tout conservateur chimique (sauf SO_2 dans la limite permise). Cette absence d'antiseptique se vérifie à l'aide d'un test de fermentation : tout jus ensemencé par des levures ou des moisissures doit fermenter normalement.

Ce test peut être facilement mis en œuvre. On prépare 4 tubes à essai contenant de petites cloches de Durham qui décèlent la présence de gaz. Ces cloches sont placées au fond des tubes, l'ouverture en bas. On répartit 10 ml de jus de pomme dans chacun de ces tubes sans prendre de précautions particulières du point de vue de la stérilité. Deux de ces tubes sont ensemencés par des levures de bière vivantes, conservées sur gélose, les 2 autres tubes sont ensemencés par des spores de *Penicillium*. On porte ces 4 tubes pendant 48 heures à l'étuve à 25°. Après ce laps de temps, les 4 tubes doivent présenter un dégagement gazeux et être en pleine fermentation. Si aucune fermentation ne se produit, le jus contient un antiseptique.

Pour les concentrés, on emploie le même procédé, mais il faut au préalable les diluer au 1/5.

2. **Contrôle recommandé par la Norme.**

La Norme française ne comporte aucune recommandation particulière du point de vue bactériologique. Elle se borne, sur ce point, à reprendre les prescriptions légales proscrivant l'emploi de tout conservateur (sauf SO_2).

3. **Contrôles souhaitables.**

Ce problème délicat a été abordé au chapitre précédent à l'occasion de l'étude bactériologique du jus de pomme.

Dans l'attente de prise de position officielle de la part des experts qui se penchent à l'heure actuelle sur cette question, nous pensons que deux contrôles bactériologiques simples pourraient être retenus parmi ceux que nous avons proposés pour compléter le test de fermentation :

a) L'absence de développement de germes après filtration sur membrane d'un ml de jus ;

b) L'absence de développement d'*Escherichia* après ensemencement de 20 ml de jus sur milieu Lactose Broth et repiquage sur milieu T T C.

VII

ÉTUDE BIOLOGIQUE

Afin de mieux préciser, compte tenu de la connaissance que nous en avons maintenant, la place du jus de pomme en alimentation humaine, il nous a paru intéressant d'en étudier également certains effets métaboliques.

Nous avons examiné ce problème d'un double point de vue :

1) Celui de la valeur alimentaire « globale » du jus de pomme ;

2) Celui de l'influence du jus de pomme sur le métabolisme des glucides puisque le jus de pomme apporte des calories à peu près exclusivement glucidiques et qu'il contient, de plus, certains acides organiques dont le rôle dans le métabolisme intermédiaire est important.

Définition des produits soumis aux expérimentations

1. Concentré de jus de pomme.

Nos expériences nécessitant l'administration du jus de pomme aux animaux par sonde stomacale, nous avons choisi comme matériel expérimental le concentré de jus de pomme qui permet, sous un plus faible volume, l'administration de quantités plus importantes (facilement réglables par le jeu de la dilution) des éléments constitutifs du jus de pomme.

C'est le concentré précédemment référencé E que nous avons utilisé pour l'ensemble de notre travail biologique. Il s'agit donc d'un concentré du commerce d'excellente fabrication, mais exactement identique à celui que tout consommateur peut se procurer.

L'ensemble de nos expériences a été effectué sur un lot homogène du concentré E que nous avons au préalable soumis aux différentes déterminations analytiques suivantes :

Densité = 1351.

Extrait sec = 928,8 g pour 1 000 ml.

Sucres réducteurs = 752 g pour 1 000 ml.

Saccharose = 137 g pour 1 000 ml.

Acidité (en acide malique) = 31,05 g pour 1 000 ml.

Pour la facilité de la lecture, nous désignerons tout au long de notre étude biologique par les termes « concentré dilué » ce concentré

de jus de pomme E dilué dans les conditions indiquées pour chaque expérience.

2. **Lait.**

Afin d'utiliser un produit frais possédant toutes ses caractéristiques biologiques, nous avons choisi un lait de ramassage fourni par une laiterie qui nous était connue et constitué d'un mélange portant sur un grand nombre de fermes, de façon à bénéficier d'un produit de composition aussi constante que possible.

La composition de ce lait déterminée au début de notre expérience était la suivante :

Protides (N × 6,38) = 3,33 pour 100 ml.
Lipides = 3,52 pour 100 ml.
Glucides = 4,7 pour 100 ml.

Des vérifications effectuées en cours d'expérience nous ont montré que ces trois groupes de constituants restaient constants dans les limites d'erreurs des dosages.

3. **Glucides.**

Nous avons utilisé les produits suivants :

D (+) glucose anhydre pur Prolabo.
Lévulose pur cristallisé Prolabo.
Saccharose pour usage scientifique Prolabo.

4. **Acide malique.**

Nous avons utilisé l'acide d. l. malique Prolabo (référence 20 365).

I - Test de la croissance du rat

Nous plaçant du point de vue de l'influence du jus de pomme sur le métabolisme général, nous avons exploré sa valeur alimentaire « globale » par l'étude du test de la croissance du rat.

1. **Vue d'ensemble de l'expérimentation.**

Afin de réaliser 4 lots aussi homogènes que possible, 40 jeunes rats mâles provenant d'un même élevage ont été répartis au hasard en 4 lots de 10 animaux que nous désignerons respectivement par T, P, G et L.

Dans le but d'étudier comparativement leur effet sur la croissance, ces lots ont été soumis respectivement aux différents régimes alimentaires suivants, poursuivis pendant 62 jours :

Lot témoin (T) régime de base
Lot P régime de base + concentré dilué
Lot G régime de base + glucose
Lot L régime de base + lait.

Poids moyen des animaux au moment de leur arrivée au laboratoire et de leur répartition en 4 lots :

Lot T..... 74,3 g
Lot P..... 75,5 g
Lot G..... 75,5 g
Lot L..... 78,5 g

Après leur réception au laboratoire et leur répartition en 4 lots en 4 cages séparées, les 40 rats en expérience ont été mis pendant douze jours au régime de base exclusif afin de les habituer aux conditions de vie du laboratoire.

Le 13e jour, les rats des 4 lots ont été pesés à nouveau et leurs moyennes pondérales s'établissaient ainsi :

Lot T..... 81 g
Lot P..... 86,4 g
Lot G..... 87,8 g
Lot L..... 88,4 g

A partir du 14e jour a débuté l'expérimentation proprement dite avec la supplémentation indiquée ci-dessus pour les lots P, G, L qui a été poursuivie pendant 62 jours.

Les pesées des animaux ont été faites aux mêmes heures et aussi régulièrement que possible, compte tenu des jours fériés.

2. Régimes des animaux.

A) Régime de base.

Nous inspirant de Jacquot et Birolaud, nous avons adopté un régime constitué par du blé seul donné *ad libitum*. On sait que, dans ces conditions, le rat n'utilise que 4 pour cent de l'azote ingéré et qu'il se maintient en équilibre azoté et pondéral.

B) Supplémentation du régime de base pendant les 23 premiers jours de l'expérience.

a) Lot P : concentré dilué

Nous avons expérimenté sur le concentré E dilué dans des conditions telles que la solution obtenue contienne 10 g pour 100 ml de sucres totaux.

Prenant comme base l'absorption d'un litre de jus de pomme par jour chez un homme moyen de 60 kg et tablant sur un poids moyen de rats en cours d'expérience de 100 g, nous avons adopté pour la supplémentation des régimes de base la dose de 1,5 ml de concentré dilué en expérience.

Notons encore que cette dose choisie pour la supplémentation correspond approximativement à un supplément de 10 pour cent de la ration calorique totale du rat.

b) lot G : glucose

De façon à ce que la supplémentation du régime de base pour ce lot G soit caloriquement égale à celle du lot P, nous avons utilisé en supplément 1,5 ml d'une solution de glucose à 10 g pour 100 ml.

c) Lot L : lait

Nous avons établi la correspondance calorique entre le lait utilisé et le concentré dilué en utilisant les coefficients approchés de 4 calories pour 1 g de sucre et de protides et de 9 calories pour 1 g de lipides.

Compte tenu de la composition du lait en expérience, nous avons été amenés à utiliser 0,94 ml de lait pour apporter les 0,6 calories correspondant à 1,5 ml d'une solution de glucides à 10 g pour 100 ml.

Pour les 3 lots P, G et L, le supplément au régime de base était donné par gavage à la sonde tous les jours, sauf les dimanches, à l'aide d'une seringue à insuline afin d'avoir une plus grande précision.

C) Supplémentations du régime de base du 24^{e} au 62^{e} jour.

Nous avons observé que, au bout du 23^{e} jour, les différences entre les moyennes pondérales des rats du lot témoin et des lots P, G et L ne présentaient pas une très grande netteté.

Afin d'essayer d'obtenir un décalage plus important entre les courbes, nous avons choisi d'administrer 1,6 ml au lieu de 1,5 du « concentré dilué » en expérience ou de la solution à 10 pour cent de glucose. Ce choix amenant le supplément calorique de 0,6 calories à 0,64 calories, avait l'avantage supplémentaire de nous conduire à utiliser la dose isocalorique de lait de 1 ml plus facile à mesurer que les 0,94 ml précédents.

TABLEAU XXXI

AUGMENTATION DES POIDS MOYENS PAR RAPPORT AU POIDS DE DÉPART

DATES DES PESÉES	LOT T	LOT P	LOT G	LOT L
Janvier				
5....	0	0	0	0
11....	4	9,1	11,2	7,6
15....	6,5	13,6	16,7	9,1
19....	12,9	13,1	18,7	12,7
21....	12,3	15,1	21,1	15,6
25....	15	16,6	21,6	19
28....	16,8	19,5	24,6	21,3
Février				
1er ..	18,8	29	24,7	26,9
4....	19,4	30,6	28,7	29,7
8....	20,1	33,7	31,2	32,6
11....	19,9	38,8	30,2	35,4
15....	24,9	42,1	30,2	34,6
18....	27,6	43,2	35	40,7
22....	29,6	45,7	38,5	45,9
25....	30,3	46,2	43,3	49,7
29....	37,2	53,3	45,8	48,4
Mars				
3....	38,4	53,7	48,5	52,6
7....	41	58,6	49,9	59,6

3. **Résultats expérimentaux.**

Nous avons pris comme base de départ les poids moyens des animaux des 4 lots le jour du début de l'expérience et avons noté, pour chaque pesée, les augmentations des poids moyens par rapport à cette base (tableau XXXI, page 173) qui nous ont permis d'établir les courbes figure III, page 174.

Ainsi qu'il apparaît à l'examen de ces courbes, on constate que les lots P, G et L ont une évolution nettement plus favorable que le lot témoin. Il apparaît de plus que la courbe des lots qui ont reçu le concentré dilué se confond pratiquement avec celle des lots ayant reçu le complément isocalorique de lait.

D'autre part, il nous a été permis de constater qu'en fin d'expérience les animaux traités au concentré dilué avaient un très bel aspect de parfaite santé : poil brillant, agilité, etc...

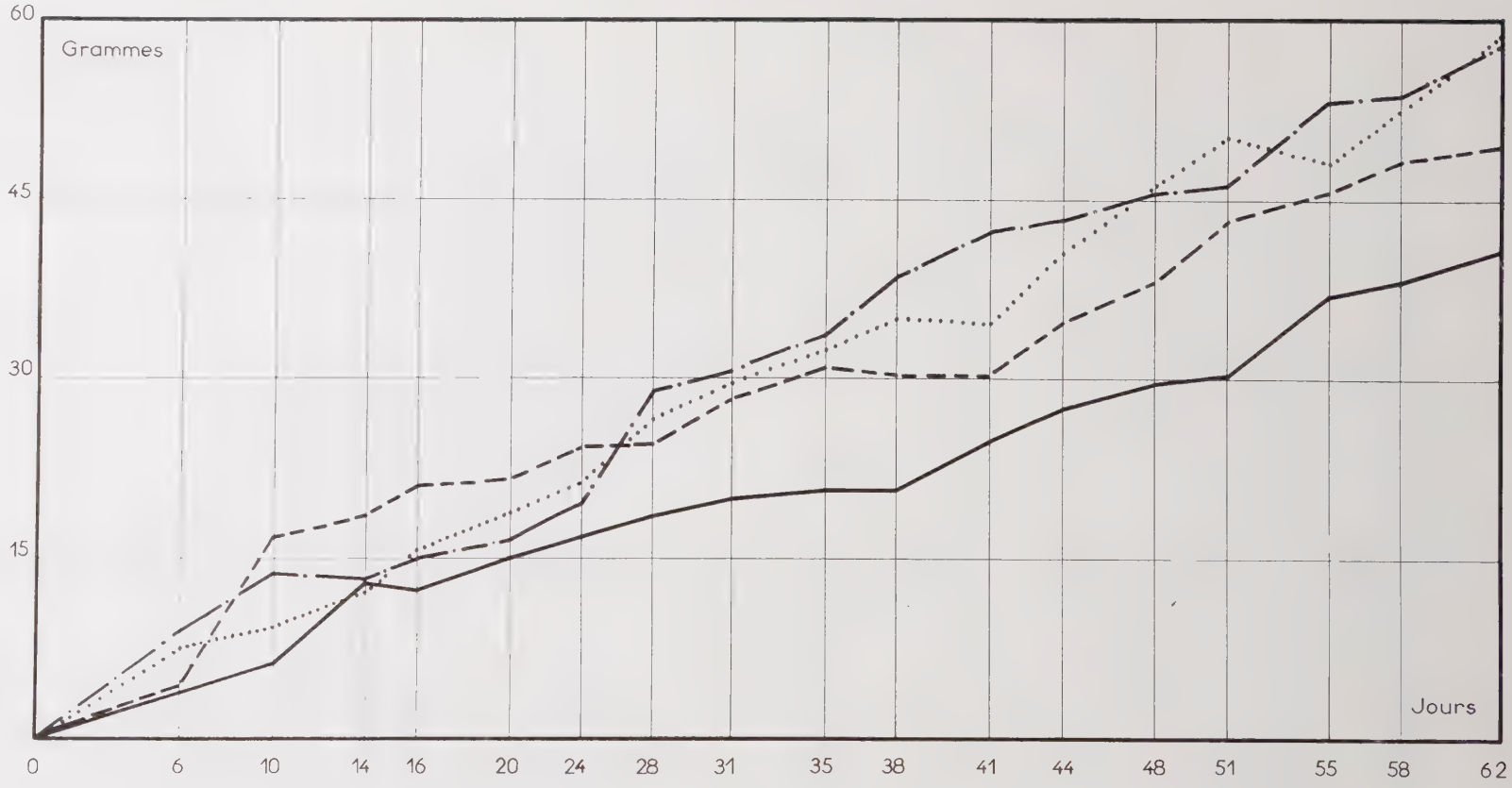


FIG. III _ COURBES DE CROISSANCE DU RAT

On peut donc conclure que le concentré dilué a une valeur nutritive certaine puisqu'il provoque, dans les conditions de notre expérience, un accroissement pondéral semblable à celui du lait.

Les raisons pouvant expliquer un tel résultat ne nous paraissent pas devoir être cherchées dans l'apport calorique offert par le concentré dilué (plus ou moins 10 pour cent de calories semblant incapables d'entraîner une telle différence dans la croissance).

De même, il est peu probable, d'autre part, qu'il s'agisse d'un complément de la ration du point de vue protidique, étant donnée l'extrême pauvreté du concentré dilué en ce type de produits.

Il reste à envisager, et nous nous bornerons ici à soulever cette hypothèse, la possibilité que le concentré dilué améliore l'assimilation des protéines du régime de base. On sait, en effet, que, par divers suppléments, on peut faire passer de 4 à 35 pour cent l'assimilation des protéines du blé chez le rat.

Nous envisagerions volontiers qu'il en est de même avec le concentré dilué dont l'intervention dans le métabolisme protéique mériterait de retenir l'attention.

II - Test d'hyperglycemie provoquée du lapin

Le jus de pomme apportant des calories à peu près exclusivement glucidiques et contenant, de plus, certains acides organiques dont le rôle dans le métabolisme intermédiaire est important, nous avons étudié son influence sur le métabolisme glucidique comparativement à différents glucides et à l'acide malique.

1. Vue d'ensemble de l'expérimentation.

Nous avons choisi comme animal d'expérience le lapin et comme test, le test d'hyperglycémie provoquée qui nous a paru le plus apte à juger de l'influence du jus de pomme sur le métabolisme des glucides et même à donner quelques vues sur celui des autres métabolismes — lipidique et protidique — étant donnée la part prépondérante de la glycolyse dans le cycle tricarboxylique de Krebs, dont on sait l'importance primordiale dans le métabolisme intermédiaire.

Grâce à la mise en œuvre de plus de 1 100 dosages de sucre sanguin chez le lapin, nous avons recherché quelles pouvaient être

les variations du test d'hyperglycémie provoquée suivant qu'on le réalisait :

— avec le concentré dilué ;
— avec une solution de glucose + saccharose ;
— avec une solution de fructose + saccharose ;
— avec une solution neutralisée de glucose + saccharose + acide malique ;
— avec une solution neutralisée d'acide malique.

Nous avons étudié ces variations dans une double série d'expériences :

— chez le lapin normal ;
— chez le lapin alloxanisé.

Nous avons transposé chez le lapin le test paraclinique humain, dit « d'hyperglycémie provoquée » ou « de tolérance glucidique » consistant à étudier chez l'homme l'évolution de la glycémie dans le temps, après administration par voie buccale au sujet à jeun de 50 g de glucose (soit 0,83 g par kilo de poids chez un sujet moyen de 60 kg).

Nous avons opéré de même chez le lapin après administration à jeun d'une dose de glucides calculée sur la même base de 0,83 g par kilo de poids, administrée par sonde gastrique pour éviter toute perte.

2. **Animaux utilisés.**

Nous avons réalisé une série de 112 expériences, dans lesquelles nous avons utilisé des lapins en bonne santé, adultes, de race commune, provenant d'un élevage privé agricole, pesant en moyenne 2,457 kg. Ces animaux étaient du sexe mâle.

Nous nous sommes aperçus, en effet, au cours d'expériences préliminaires non rapportées ici, que les femelles donnaient des résultats très individuels, aberrants et non reproductibles.

On peut évoquer ici vraisemblablement les conditions hormonales propres à la femelle qui peuvent interférer dans le métabolisme des glucides qui est, comme on le sait, sensible à l'action de certains stéroïdes hormonaux.

Dans 62 de nos expériences, nous avons travaillé sur des lapins normaux.

Dans les 50 expériences restantes, nous avons travaillé sur des lapins rendus diabétiques par alloxanisation.

3. **Alloxanisation du lapin.**

Nous nous sommes au début inspirés de très près de la technique classique de C. B. et O. T. Bailey, Dunn et Mac Letchie, mais nous avons rapidement été conduits à la modifier suivant des modalités personnelles.

1. Dans un premier temps nous avons, comme les auteurs ci-dessus, utilisé l'administration intraveineuse d'une solution d'alloxane à la dose de 100 à 200 mg par kilogramme de poids. Cette dose nous est vite apparue comme insuffisante et nous avons dû l'augmenter.

2. Dans un second temps, nous avons donc administré l'alloxane sous forme d'injection intraveineuse de 1 ml par kg de poids d'une solution à 230 mg par ml dans du sérum physiologique.

L'expérience nous a assez rapidement fait prendre conscience de certains inconvénients.

En effet, on peut voir ainsi survenir des accidents immédiats, locaux (œdème de l'oreille) ou généraux (décès par intoxication rénale).

Et surtout le diabète ainsi obtenu présente des oscillations amples et brutales dans les premières heures.

On observe même dans les instants qui suivent l'injection une phase d'hypoglycémie paradoxale assez intense pour obliger à un « resucrage » d'urgence, soit par injection de sérum glucosé, soit par administration orale d'eau sucrée.

D'autre part, le diabète obtenu est relativement instable et a une tendance fréquente à la décompensation, les animaux décédant alors dans un tableau d'acidose.

3. Nous avons donc, dans un troisième temps, adopté une technique d'alloxanisation s'originalisant par une injection de la dose active en deux temps soit :

— 1re injection intraveineuse de 0,5 ml par kg d'une solution à 230 mg d'alloxane par ml dans du sérum physiologique ;

— 6 heures après, seconde injection intra-veineuse semblable.

Les animaux ayant ainsi reçu, en deux fois, 230 mg par kg de poids d'alloxane, développent sans à-coup et de façon régulière un diabète stable dont les contrôles glycémiques dessinent une courbe présentant un plateau suffisant pour l'étude envisagée.

Une régression spontanée se produit au bout de deux à trois semaines, période à la fin de laquelle les animaux retrouvent une glycémie subnormale.

Nous nous sommes rendus compte que la glycémie la plus favorable pour notre expérimentation était entre 2,4 et 3,4 g pour mille, taux qui évite à la fois de travailler avec des animaux aux réactions trop proches de celles d'animaux normaux, et de se trouver en présence de diabètes trop graves, incontrôlables, aux réactions imprévisibles et non significatives.

En fait, ainsi que nous le signalerons plus loin, la glycémie moyenne de nos lapins diabétiques s'établissait à 3,01 g pour mille.

Bien entendu, les tests d'hyperglycémie provoquée ont été réalisés chez des animaux normaux ou alloxanisés à jeun depuis 12 heures.

Nous précisons qu'une rapide expérimentation préalable nous a appris que le jeûne n'est pas à lui seul susceptible d'influencer la glycémie du lapin normal ou diabétique pendant la durée de chaque expérience (18 à 20 heures).

Ainsi, les variations de la glycémie observées sont-elles bien dues à l'ingestion des différents produits expérimentés.

4. **Dosage de la Glycémie.**

Nous avons retenu la microméthode colorimétrique de King et Garner modifiée par Brun, que nous décrivons ici :

Réactifs

Réactif 1

Sulfate de soude 10 H_2O	3/100 g/ml .	320	ml
Sulfate de cuivre 5 H_2O	7/100 g/ml .	30	ml

Réactif 2

Tungstate de soude 10/100 g/ml

Réactif 3

A - Sulfate de cuivre 5 H_2O		13	g/litre
B Bicarbonate de soude		50	g
Carbonate de soude anhydre		40	g
Eau distillée		700	ml

Faire dissoudre et ajouter la solution :

Oxalate de potassium		40,78	g
Eau distillée		120	ml

Dissoudre à 60°, ajouter la solution :

Tartrate de sodium et potassium		32,2	g
Eau distillée		100	ml

Compléter à 1 000 ml dans un flacon jaugé.

Préparer au moment de l'emploi le réactif 3 en mélangeant A et B à parties égales.

Réactif 4

(Molybdate d'ammonium..... 25 g
(Eau distillée..... 450 ml

Après dissolution, ajouter 19 ml de SO_4H_2 pur concentré, puis la solution

Arséniate acide de soude 7 H_2O..... 3 g

Mélanger. — Laisser à l'étuve à 37°, 24 ou 48 heures en flacon émeri brun.

Prélèvement du sang chez le lapin.

Après avoir fixé le lapin, en laissant la tête libre, on effectue la prise de sang dans la veine marginale de l'oreille. 1 ml suffit, que l'on recueille sur quelques grains de fluorure pour empêcher la coagulation.

On peut aussi prélever directement à l'oreille (après légère scarification) 0,1 ml à la pipette que l'on projette immédiatement dans le tube contenant le réactif 1.

Dosage proprement dit.

1. Déprotéinisation
dans un tube à centrifuger conique.
Réactif 1..... 3,7 ml
Sang..... 0,1 ml

Laisser en contact quelques minutes. Ajouter :
Réactif 2..... 0,2 ml

Mélanger. Centrifuger 5 mn à 5 000 tours/mn.

2. Réduction
dans un tube jaugé de 10 ml
Centrifugat..... 2 ml
Réactif 3..... 2 ml

Porter au bain-marie bouillant 8 mn. Refroidir brusquement.

3. Réaction colorée
dans le tube jaugé.
Réactif 4..... 2 ml

Agiter longuement. Ajuster à 10 ml avec eau distillée.

Lire au photocolorimètre.

5. **Produits expérimentés.**

A) Concentré dilué.

L'impossibilité d'employer du jus de pomme proprement dit pour notre expérience nous est vite apparue.

En effet, les volumes à administrer auraient dépassé la capacité gastrique des animaux.

Nous nous sommes donc adressés (comme indiqué page 169) au concentré de jus de pomme, plus maniable (concentré E) que nous avons administré aux animaux après dilution au demi avec de l'eau distillée, de façon à nous placer, au point de vue de la teneur en glucides, à peu près dans les conditions de concentration du produit utilisé pour le test paraclinique d'hyperglycémie provoquée (500 g pour mille de glucides totaux).

La dilution utilisée du concentré E contenant 444,5 g pour 1 000 ml de glucides, nous avons été conduits à administrer aux animaux 1,88 ml par kg de poids de cette dilution de façon à leur faire ingérer les 0,83 g de glucides totaux par kg de poids prévus par le protocole expérimental.

B) Solution glucose saccharose.

Le calcul des quantités de sucres à introduire dans notre solution glucosée saccharosée devant servir de témoin a été opéré en tenant compte des considérations suivantes :

— désirant rester aussi près que possible des conditions du test d'hyperglycémie utilisé en clinique humaine, nous avons choisi une solution à 50 g de glucides pour 100 ml ;

— ces glucides ont été répartis entre sucres réducteurs et sucres non réducteurs dans la proportion où ils existent respectivement dans le concentré dilué, à savoir :

Sucres réducteurs $50 \times \frac{712}{889}$ soit 42,64 g pour cent ml de glucose ;

Sucres non réducteurs $50 \times \frac{157}{889}$ soit 7,36 g pour cent ml de saccharose.

La solution contenant volontairement 50 g pour cent de glucides totaux, nous avons été conduits à administrer aux animaux 1,66 ml par kg de poids de cette solution, de façon à leur faire ingérer les 0,83 g de glucides totaux par kg de poids prévus par le protocole expérimental.

C) Solution fructose saccharose.

Cette solution a été étudiée de la même façon que la solution glucosée saccharosée précédente, le glucose étant simplement remplacé par du fructose.

Elle répond donc à la composition suivante :

Fructose (pur anhydre) : 42,64 g pour cent ml
Saccharose : 7,36 g pour cent ml

Nous avons administré 1,66 ml par kg de poids de cette solution.

D) Solution neutralisée glucose - saccharose - acide malique.

Cette solution contenait, comme la solution glucosée saccharosée ci-dessus et pour les mêmes raisons :

42,64 g pour cent de glucose
7,36 g pour cent de saccharose

additionnée d'une quantité d'acide malique calculée de la façon suivante :

La dilution de concentré de jus de pomme présentait une acidité de 15,525 g pour 1 000 ml exprimée en acide malique.

On sait que l'ion malique est présent dans le concentré sous forme d'acide malique libre d'une part et de malate de potassium d'autre part.

Le sel de l'acide malique échappe au dosage de l'acidité et on considère généralement de façon empirique mais suffisamment approchée que le chiffre exprimant l'acidité en acide malique ne représente que la moitié des ions maliques présents.

En application de ce principe, on peut donc estimer à 31,05 g pour 1 000 ml la quantité totale d'ions maliques présents dans la dilution du concentré de jus de pomme que nous avons étudié.

Comme, d'autre part, les ions maliques naturels existent sous forme gauche alors que nous n'avons eu à notre disposition que de l'acide malique racémique, nous avons délibérément adopté comme quantité d'acide malique à introduire dans notre solution expérimentale 62,10 g pour 1 000 (soit le double de la totalité des ions maliques estimés présents dans la dilution du concentré étudié).

Notre solution a donc eu pour formule :

Glucose..... 42,64 g
Saccharose..... 7,36 g
Acide d-l malique..... 6,21 g
pour 100 ml.

Les animaux ont reçu 1,66 ml par kg de poids de cette solution, apportant 0,83 g par kg de poids de glucides totaux.

Notas :

1. Telle quelle, cette solution nous ayant paru trop acide, nous l'avons amenée à pH 7 par neutralisation à la soude, de telle sorte qu'en fait, les animaux ont reçu un mélange d'acide malique-malate de sodium ;

2. Nous ne nous dissimulons pas le caractère artificiel de l'estimation ainsi opérée quant à la teneur réelle en acide malique du concentré de jus de pomme étudié. Nous poursuivons dès maintenant des recherches afin de la préciser en mettant en œuvre une analyse chromatographique des acides organiques du concentré ;

3. Nous avons également noté que l'ingestion de 1,83 ml par kg de poids du concentré dilué précédemment décrit, nécessaire pour apporter les 0,83 g de sucres par kg de poids entraîne l'absorption de 56,82 mg d'ions maliques (gauches).

L'ingestion des 1,66 ml par kg de poids de solution glucosée saccharosée ci-dessus, apportant 0,83 g de sucres par kg de poids entraîne l'absorption de 103,08 mg d'ions maliques racémiques, soit, en réalité, un peu moins du double.

Nous n'avons pas cru devoir rectifier ce léger manque de correspondance, étant donnée l'approximation présidant à l'estimation de la teneur en ions maliques du concentré.

Nous avons pour simplifier, retenu qu'en pratique l'ingestion de notre solution expérimentale neutralisée glucose-saccharose-acide malique équivaut très sensiblement à 100 mg par kg de poids d'ions maliques racémiques.

E) Solution neutralisée d'acide malique.

Il s'agissait d'une solution d'acide malique racémique à 62,10 g pour 1 000 ml amenée à pH 7 comme la solution glucose-saccharose-acide malique ci-dessus par neutralisation à la soude.

Ces différentes solutions ont été administrées par gavage à la sonde des animaux à jeun dans les conditions suivantes :

Lapins normaux,

Solutions sucrées : en quantité équivalant à 0,83 g par kg de poids de glucides, soit 1,88 ml de concentré dilué par kg de poids et 1,66 ml par kg de poids pour les autres solutions ;

Solution d'ions maliques : en quantité équivalant à environ 100 mg d'ions maliques par kg de poids, soit 1,66 ml de solution par kg de poids.

Lapins diabétiques,

Solutions sucrées : en quantité équivalant à la moitié de la dose de glucides précédente, soit 0,415 g par kg de poids, la dose de 0,83 g par kg de poids ayant lors des essais préalables déclenché des réactions d'hyperglycémie rapidement incontrôlables.

Les volumes 1,88 et 1,66 ml respectivement ont été les mêmes que pour les lapins normaux, les produits étant simplement dilués au 1/2 ;

Solution d'ions maliques : en quantité équivalant à environ 50 mg par kg de poids, soit 1,66 mg par kg de poids d'une dilution au 1/2 de la solution malique précédente.

6. **Résultats expérimentaux.**

A) Nous avons commencé par étudier le test d'hyperglycémie provoquée dans les conditions ci-dessus par la solution de glucose saccharose définie plus haut, ce test devant ultérieurement, comme on le verra, nous servir de base de comparaison pour la suite de notre expérimentation.

Nos résultats sont résumés dans le tableau XXXII, page 185 pour le lapin normal, et dans le tableau XXXIII, page 186 pour le lapin diabétique.

B) Nous avons continué par une série d'expériences réalisant le test d'hyperglycémie provoquée avec le concentré dilué défini plus haut.

Nos résultats sont consignés dans les tableaux XXXIV, page 187 pour le lapin normal et XXXV, page 188 pour le lapin diabétique.

C) Ensuite, nous avons opéré de même en faisant ingérer aux lapins notre solution fructose-saccharose.

Nos résultats sont reproduits dans les tableaux XXXVI, page 189 pour les lapins normaux et XXXVII, page 190 pour les lapins diabétiques.

D) De même nous avons suivi l'évolution du test d'hyperglycémie chez le lapin après ingestion de notre solution neutralisée glucose-saccharose-acide malique.

Nos résultats figurent dans les tableaux XXXVIII, page 190 pour les lapins normaux et XXXIX, page 191 pour les lapins diabétiques.

E) Enfin, nous avons étudié l'influence sur la glycémie du lapin de l'ingestion de la solution neutralisée d'acide malique.

On trouvera (tableaux XL, page 192 pour les lapins normaux et XLI, page 193 pour les lapins diabétiques) les résultats que nous avons obtenus.

Nota : Dans chacune de ces 10 séries d'expériences, les animaux utilisés ont été répertoriés arbitrairement à l'aide de numéros : 1, 2, 3 etc. Ce repérage n'est valable que pour l'expérience considérée et n'implique aucune correspondance d'animaux d'une série d'expériences à l'autre.

TABLEAU XXXII

Lapins normaux

Test d'hyperglycémie provoquée
Ingestion de 0,83 g de mélange glucose-saccharose par kg de poids

Lapin n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Base	0,72	0,88	0,64	0,61	0,92	0,81	1,02	0,62	0,67	0,87	1,03	1,16	0,88	0,86	0,85	0,87	0,86	1	0,85
0 h 30		2,07	1,40	1,12	1,22	1,14	1,26	0,91	0,77	0,86		1,90	0,95	1,3	1,23		1,28	1,28	
1 h	1,08	1,42	1,43	1,19	1,31	1	1,32	0,91	0,91	1,05		1,79		1,40	1,15		0,99	1,44	
1 h 30		1,12	1,58	1,14	1,15	0,82	1,07	1,22	1,08	1,02	1,36	1,32		1,50	1,23		0,99	1,15	
2 h	1,01		1,34	1,10	0,97	0,55	1,02	1,24	0,92	0,75	1,46		1,47	1,27	1,01	1,20		1,13	1,23
2 h 30	1,05	0,90	1,03		0,89	0,72			0,84		1,49	0,88				1,05			1,34
3 h	1,05						0,94	1,05		0,70			1,52			1,17	0,99		1,12
3 h 30	1,01	0,87		1,03		0,50					1,16	0,99			0,89				
4 h	1		0,77		0,90		0,95		0,71	0,80			1,52	0,86			0,74	1,03	
4 h 30		0,91		0,96		0,57					0,87	1,15			1,09	0,99			0,74
5 h	0,85		0,93		0,74		0,98	0,85	0,70	0,80			1,39	0,87			1,03	0,95	
5 h 30				0,90		0,43					0,75	1,01			0,92	0,91			0,78
6 h			0,93		0,73		0,98	0,85		0,69			1,17	0,86			0,92	0,76	
6 h 30						0,72					0,95				0,97	0,85			0,82
7 h			0,82	0,86				0,80						0,85		0,95			0,84

TABLEAU XXXIII

Lapins diabétiques

Test d'hyperglycémie provoquée
Ingestion de 0,415 g du mélange glucose-saccharose par kg de poids

Lapin n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BASE	3,68	2,90	2,92	2,15	2,5	2,80	3,66	2,04	1,74	2,85
0 h 30	4,50	3,76	3	2,14	3,16	3,46	3,90			
1 h	5,26	3,92	3,10	2,96	2,96	3,18	4,20		3,26	3,68
1 h 30	4,44	3,44	2,44	3,60	3,04	3,40	4,30	3,53	3,32	3,38
2 h		3,78	2,60	3,36		2,73		3,14	3,26	3,02
2 h 30	3,86		2,74	3,60						
3 h					2,96	2,44			2,8	
3 h 30	3,16	3,56	2,30	3,04			3,24	2,48		2,28
4 h					3	2,40			2,48	
4 h 30	3,30	3,44	1,84	3,20			2,66	2,28		2,44
5 h					3,16	2,14			1,96	
5 h 30	3,06	4,08	2,30	2,89			2,60	2,10		2,22
6 h					3,04				1,88	
6 h 30		2,90	2,30		3		2,24	2,06		1,90
7 h									1,45	

TABLEAU XXXIV

Lapins normaux

Test d'hyperglycémie provoquée
Ingestion de 0,83 g de glucides sous forme de concentré dilué par kg de poids

Lapin n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Base	0,95	1,13	0,70	0,62	0,88	1,17	0,67	0,88	1,05	0,65	0,67	0,88	0,96	0,90
0 h 30		1,15	0,84	1,03	1,05	0,78	0,95	1,12		1,03	1,05	1,03	1,33	
1 h	0,88	1,45	0,83	1,08	0,77	0,66	1	0,87		1,12	1,03	1,01	1,05	
1 h 30		1,25	0,77	1,03	0,88	0,55	0,99	0,83	1,08	0,87	1,05	0,96	0,96	
2 h	0,97		0,84	0,95	0,88	0,44	0,98	0,84	1,03			0,96	0,94	1,07
2 h 30	0,99	1,35	0,87		0,86	0,68			0,97	1,1				0,93
3 h	0,92						0,91	0,75			0,80			1,05
3 h 30	0,90			1,01					1,03	0,99			0,82	
4 h	1,08		0,83		0,90	0,51	0,94	0,76			0,70	0,94		
4 h 30		1,23		1,17					1,05	0,99			0,92	0,91
5 h	1		0,85		0,63	0,73	1,01	0,74			0,80	0,92		
5 h 30		1,25		0,75					1,17	1,05			0,96	0,79
6 h			0,92		0,59	0,79	0,88	0,71			0,75	0,84		
6 h 30		1,15		0,81					1,02				0,98	0,71
7 h			0,85			0,76						0,86		

TABLEAU XXXV

Lapins diabétiques

Test d'hyperglycémie provoquée
Ingestion de 0,415 g de glucides sous forme de concentré dilué par kg de poids

Lapin n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Base	2,29	3,14	3,70	2,80	2,38	2,70	2,90	3,24	2,96	3,49	2,15
0 h 30	2,90	3,06	3,70	3,62	2,90	2,78	2,90	3,32	3,50	4,12	2,28
1 h	3,02	3,36	4,10	2,92	3,10	2,50	3	3,84	3,44		2,80
1 h 30	4,32	3,66	3,70	2,40	2,80	2,56	2,96	3,32	3,44	4,12	3,00
2 h			2,70	2,26	3,04	2,48	2,88	3,25	3,41		2,70
2 h 30	4,32									3,80	
3 h		3,48		2,44	3,76	2,48	2,80	2,96	3,14		
3 h 30	4,14										2,18
4 h		3,30	2,70	2,44	3,04	2,48	2,80	2,78	3,14		
4 h 30	4,03									3,14	1,93
5 h		2,62	2,70	2,44	3,04	2,10	2,08	2,86	2,86		
5 h 30	3,48										1,92
6 h		3,36	3,10			2,24	2,38	2,62	2,96		
6 h 30			2,23	2,46							1,58
7 h											

TABLEAU XXXVI

Lapins normaux

Test d'hyperglycémie provoquée

Ingestion de 0,83 g du mélange fructose-saccharose par kg de poids

Lapin n°	1	2	3	4	5	6	7	8
Base	0,70	0,70	0,70	0,50	0,98	0,84	0,52	0,43
0 h 30	0,64	0,70	1	0,75	0,84	0,84	1,30	1
1 h	0,64	0,70	0,92	0,74	0,91	0,83	1,06	0,95
1 h 30	0,69	0,73	0,89	0,77	0,95	0,90	0,93	0,89
2 h	0,77	0,80	0,70	0,84	1,17	0,99	0,91	0,89
2 h 30					1,09	0,89		
3 h	0,73	0,77	0,64	0,69			0,78	0,75
3 h 30								
4 h	1,13	0,96	0,91	0,89	0,96	0,90	0,65	0,75
4 h 30								
5 h	1	0,92	0,89	0,84	0,85	0,77	0,70	0,71
5 h 30								
6 h	0,92	0,73	0,84	0,77	0,95	0,85	0,80	0,77
6 h 30								
7 h					0,90	0,98		

TABLEAU XXXVII

Lapins diabétiques

Test d'hyperglycémie provoquée
Ingestion de 0,415 g du mélange fructose-saccharose par kg de poids

Lapin n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BASE	3	2,60	1,04	2,53	3,68	1,57	3,90	1,64	2,95	2,66
0 h 30	3,40	3,26		2,31	2,24	1,20	3,76	1,83	3,01	3,23
1 h			2,57	3	3,48	1,83	4,12	1,57	3,36	2,94
1 h 30	3,08	3	1,80	2,56	3,66	1,49	4,26	1,54	3,67	3,10
2 h	2,80	3,14	2,20	3,10	3,61	1,92	4,90	1,54	4,42	2,88
2 h 30	2,90	3	3	3,50	3,8	2,68	4,58	1,41	3,10	2,88
3 h			3,52	4,48	5,07	2,76	4,11	1,18	3,51	2,37
4 h	2,84	2,66	2,42	3,80	4,13	2,46	4,35	1,28	3,43	2,56
5 h	2,34	2,57	2,18	3,52	2,98	2,26	3,87	1,23	2,95	2,26
6 h	2,42	2,34	1,31	2,78	3	2,18	5,01	1,09	2,38	1,7

TABLEAU XXXVIII

Lapins normaux

Test d'hyperglycémie provoquée
Ingestion de 0,83 g du mélange glucose-saccharose
+ 100 mg d'ions maliques par kg de poids

Lapin n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BASE	0,80	1,83	0,85	0,93	0,86	0,77	0,93	0,93	0,86
0 h 30	1,02	0,95	1,23	0,99	1,29	1,02	0,92	1,01	1,05
1 h	0,87	0,85	1,29		1,23	1,32	1,15	1,20	1,38
1 h 30	0,82	0,93	0,97	0,93	1,25	1,21	1,28	1,25	1,25
2 h	0,61	0,73	0,90	1,01	0,97	0,84	1,2	1,20	0,99
2 h 30	0,57	0,70		0,77	0,81	0,65	0,94	1,04	0,88
3 h				0,77	0,84	0,72	1,12	1,20	0,91
3 h 30	0,52		0,83						
4 h		0,66	0,96	0,74	1,07	0,68	0,86	1,02	0,86
5 h	0,69	0,68	0,84	0,86	0,78	0,73	0,94	1,02	0,86
6 h	0,50	0,78	0,78	0,84	0,74	0,86	0,84	0,80	0,83
7 h 30				0,82			0,78	0,84	0,75

TABLEAU XXXIX

Lapins diabétiques

Test d'hyperglycémie provoquée
Ingestion de 0,415 g du mélange glucose-saccharose
+ 50 mg d'ions maliques par kg de poids

Lapin n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Base	5	2,80	2,72	4,8	4,16	3,52	2,78	1,82	3,81
0 h 30	4,10	2,73	2,72				3,14	2,22	4,32
1 h	3,70	2,84	2,56	4,13	3,55	3,3	2,95	2,53	
1 h 30	3,66	2,74	3,08	4,52		3,02	2,86	2,48	3,83
2 h		2,63	2,62	4,76	3,9	3,6	3,02	2,35	3,78
2 h 30									3,68
3 h	3,42	2,52	2,3	5,07	3,57	3,48	2,64	1,95	3,58
4 h				4,46	4,38	3,42	2,64	1,65	3,63
4 h 30	3	2,16	2,34						
5 h	3,10	2,86	1,94	3,93	3,97	3,17	2,71	1,39	3,81
6 h	3,4	2,34	1,94	4,94	3,69	3,27	2,52	1,31	3,41
7 h	2,96								
7 h 30				5,07		3,90	2,57	1,32	2,66

TABLEAU XL

Lapins normaux

Evolution du taux de glycémie
Ingestion de 100 mg d'ions maliques par kg de poids

Lapin n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Base	0,85	0,75	0,9	0,9	0,824	0,96	0,84	0,84	0,88	0,95	0,84	0,76
0 h 30	0,90	0,74	1,06	0,9	0,84	1	1,055	1,04	1,12	0,88	0,85	0,85
1 h	0,89	0,65	1,07	0,85			0,905	1,10	1,04	1,04	0,84	0,80
1 h 30	0,91	0,71	1,02	0,99			0,75	0,855	0,905	0,93	0,82	0,85
2 h	0,87	0,62	1,01	1	0,77		0,735	0,735	1	0,905	0,84	0,86
2 h 30			0,98	0,9			0,73	0,88	1,09	1,17	0,85	0,87
3 h					0,8	0,7	0,71	0,785	1,05	0,905	0,84	0,99
3 h 30	0,83	0,56	0,98	0,82								
4 h							1,09	0,97	0,96	0,885	0,82	0,84
4 h 30	0,82	0,56	0,85	0,82								
5 h							0,85	0,795	0,76	0,68	0,76	0,89
5 h 30	0,80	0,56	0,79	0,85								
6 h					0,6	0,6	0,945	0,825	0,935	0,775	0,84	0,86
6 h 30	0,80	0,53	0,71	0,83								
7 h 30											0,79	0,79

TABLEAU XLI

Lapins diabétiques

Evolution du taux de glycémie
Ingestion de 50 mg d'ions maliques par kg de poids

Lapin n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BASE	3,34	3,02	4,74	2,83	2,81	1,24	2,35	2,35	2,55	1,24
0 h 30	3,60	3,74	4,14	2,61	3,42	1,39	2,94	2,64	2,90	1,41
1 h	3,96	3,96	4,30	2,86	3,42	1,36	2,53	2,39		
1 h 30	3,48	3,60	4,48	3,28	3,25	1,15	2,46	2,67		
2 h	3,38	3,54	4,16	3,09	2,84	1,13	2,13	1,89	3,33	1,12
2 h 30			3,88	2,72	2,54	1,23	2,05	1,99		
3 h			3,63	3,07	2,93	1,24	2,24	2,75	2,59	0,84
3 h 30	3,02	3,48								
4 h			3,34	2,83	2,56	1,14	2,53	2,28		
4 h 30	2,78	3,05								
5 h			3,30	2,67	2,11	1,07	1,65	2,25		
5 h 30	2,72	2,96								
6 h			3,17	2,83	1,60	1,18	1,58	1,84	2	0,54
6 h 30	2,5	2,78								
7 h 30			2,80	2,32						

7. **Présentation des résultats sous forme comparable.**

Tels qu'ils figurent dans les tableaux précédents, les différents résultats obtenus se prêtent difficilement à une comparaison.

Il nous a donc paru indispensable de mettre tous nos chiffres sous une forme comparable et pour cela, nous avons :

défini une base de comparaison commune,

et mis en œuvre des coefficients de réduction par rapport à cette base,

ce qui nous a permis d'obtenir une nouvelle série de résultats plus aptes à subir l'analyse.

A) Définition d'une base de comparaison commune.

Nous avons retenu, comme base de comparaison, la glycémie de base moyenne des lapins normaux d'une part, des lapins diabétiques d'autre part.

Cette glycémie moyenne a été, dans les deux cas, calculée en divisant simplement la somme de toutes les glycémies de base trouvées avant chaque expérience par le nombre total des expériences, soit :

$$\frac{g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + \ldots\ldots g_n}{n}$$

Pour les lapins normaux, la glycémie de base moyenne s'est avérée être de 0,847 g pour mille.

Pour les lapins diabétiques, la glycémie de base moyenne s'est avérée être de 3,01 g pour mille.

B) Définition des coefficients de réduction.

Nous avons affecté les chiffres expérimentaux précédemment trouvés d'un coefficient de réduction calculé pour chaque expérience, de façon :

1° à nous placer dans la situation idéale qui aurait été celle de l'expérience si tous nos essais avaient eu le même point de départ — en l'occurrence la glycémie de base moyenne ci-dessus ;

2° à respecter les variations relatives en pourcentage de glycémie, ce qui nous a évité l'écueil de solliciter délibérément les chiffres.

C) Calcul du coefficient de réduction.

Soit g^b la glycémie de base d'un lapin donné, trouvée au début d'une expérience.

Le coefficient de réduction C ou C' est calculé par rapport à la glycémie de base moyenne comme suit :

$$C = \frac{0{,}847}{g^b} \quad \text{pour les lapins normaux}$$

$$C' = \frac{3{,}01}{g^b} \quad \text{pour les lapins diabétiques}$$

D) Définition de la glycémie réduite.

Soient $g_{0,30}$ g_1 $g_{1,30}$ etc.
les glycémies successives d'une expérience.

Soit C (ou C') le coefficient de réduction correspondant à cette expérience.

Les glycémies réduites seront :

$g_{0,30} \times C$ (ou $\times$ C')
$g_1 \times C$ (ou $\times$ C')
$g_{1,30} \times C$ (ou $\times$ C')
etc.

Cette manière de procéder nous a paru respecter intégralement les données expérimentales, puisque le pourcentage de variation des différentes glycémies n'est pas modifié.

En effet, par exemple :

$$\frac{(g_{0,30} - g^b)}{g^b} \times 100 = \frac{(g_{0,30} \times C) - (g^b \times C)}{(g^b \times C)} \times 100$$

Les chiffres de *glycémie « réduite »* ainsi rendus comparables entre eux, permettent de suivre plus aisément l'évolution du phénomène par le calcul de chiffres moyens valables à partir desquels des courbes moyennes peuvent être établies.

E) Tableaux des glycémies réduites.

	Lapin normal	*Lapin diabétique*
Solution glucose-saccharose ..	Tableau XLII p. 196	Tableau XLIII p. 197
Solution concentré dilué	Tableau XLIV p. 198	Tableau XLV p. 199
Solution fructose-saccharose..	Tableau XLVI p. 200	Tableau XLVII p. 201
Solution neutralisée glucose-saccharose-acide malique...	Tableau XLVIII p. 202	Tableau XLIX p. 203
Solution neutralisée acide malique.....	Tableau L p. 204	Tableau LI p. 205

TABLEAU XLII

Lapins normaux

Evolution de la glycémie réduite
Ingestion de 0,83 g du mélange glucose-saccharose par kg de poids

Lapin n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	*Moyennes*
Base	ramenée à 0,847																			*0,847*
0 h 30		1,99	1,71	1,55	1,12	1,18	1,04	1,24	0,97	0,83		1,39	0,91	1,2	1,23		1,18	1,17		*1,247*
1 h	1,30	1,37	1,75	1,65	1,20	1,04	1,09	1,24	1,14	1,02		1,31		1,29	1,15		0,91	1,22		*1,128*
1 h 30		1,07	1,93	1,58	1,05	0,85	0,88	1,67	1,36	0,99	1,11	0,96		1,38	1,13		0,91	0,98		*1,196*
2 h	1,22		1,64	1,52	0,89	0,57	0,84	1,69	1,15	0,73	1,20		1,41	1,17	1,01	1,13		0,96	1,15	*1,142*
2 h 30	1,26	0,86	1,26		0,81	0,74			1,05		1,23	0,64				0,99			1,26	*1,010*
3 h	1,26						0,78	1,43		0,68			1,46			1,1	0,91		1,05	*1,083*
3 h 30	1,22	0,83		1,43		0,52					0,95	0,72			0,89					*0,937*
4 h	1,20		0,94		0,82		0,79	1,16	0,89	0,77			1,46	0,79			0,68	0,87		*0,942*
4 h 30		0,87		1,33		0,59					0,71	0,84			1,09	0,93			0,69	*0,881*
5 h	1,02		1,14		0,68		0,81	1,16	0,88	0,77			1,33	0,80			0,95	0,81		*0,940*
5 h 30				1,25		0,45					0,61	0,74			0,92	0,85			0,733	*0,792*
6 h			1,14		0,67		0,81	1,09		0,67			1,12	0,79			0,84	0,65		*0,864*
6 h 30						0,74					0,78				0,97	0,80			0,77	*0,812*
7 h			1	1,19										0,78		0,89			0,79	*0,930*

TABLEAU XLIII

Lapins diabétiques

Evolution de la glycémie réduite
Ingestion de 0,415 g du mélange glucose-saccharose par kg de poids

Lapin n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	*Moyennes*
Base	ramenée à 3,01										*3,01*
0 h 30	3,64	3,90	3,09	3	3,79	3,72	3,19				*3,475*
1 h	4,26	4,07	3,19	3,14	3,55	3,42	3,44		4,63	3,21	*3,656*
1 h 30	3,59	3,57	2,51	5,04	3,64	3,65	3,52	4,31	4,72	2,95	*3,750*
2 h		3,92	2,67	4,70		2,93	3,52	3,83	4,63	2,62	*3,602*
2 h 30	3,12		2,82	5,04							
3 h					3,55	2,62			3,97		
3 h 30	2,56	3,69	3,57	4,25			2,65	3,03		1,99	*3,105*
4 h					3,60	2,58			3,53		
4 h 30	2,67	3,57	1,89	4,48			2,18	2,78		2,12	*2,812*
5 h					3,79	2,30			2,78		
5 h 30	2,47	4,23	2,37	4,04			2,18	2,57		1,93	*2,827*
6 h					3,64				2,67		
6 h 30		3,01	2,37		3,60	2,15	1,83	2,51		1,65	*2,445*
7 h									2,06		

TABLEAU XLIV

Lapins normaux

Evolution de la glycémie réduite
Ingestion de 0,83 g de glucides sous forme de concentré dilué par kg de poids

Lapin n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	*Moyennes* (1)
BASE	ramenée à 0,847														*0,847*
0 h 30		0,85	1,01	1,43	1	0,56	1,19	1,08		1,35	1,35	0,97	1,16		*1,106*
1 h	0,78	1,07	1	1,50	0,74	0,47	1,26	0,83		1,46	1,33	0,95	0,92		*1,034*
1 h 30		0,92	0,93	1,43	0,84	0,39	1,24	0,80	0,87	1,14	1,35	0,90	0,84		*0,983*
2 h	0,86		1,01	1,32	0,84	0,31	1,23	0,81	0,83			0,90	0,82	1,00	*0,922*
2 h 30	0,88	1	1,05		0,82	0,49			0,78	1,44				0,87	*0,977*
3 h	0,81						1,14	0,72			1,03			0,98	*0,936*
3 h 30	0,80			1,40					0,83	1,29			0,71		*0,907*
4 h	0,96		1		0,86	0,36	1,18	0,73			0,90	0,89			*0,931*
4 h 30		0,91		1,62					0,86	1,29			0,80	0,85	*0,942*
5 h	0,89		1,02		0,60	0,52	1,27	0,71			1,03	0,86			*0,911*
5 h 30		0,92		1,04					0,95	1,37			0,84	0,74	*0,964*
6 h			1,11		0,56	0,57	1,10	0,68			0,96	0,79			*0,860*
6 h 30		0,85		1,12					0,82				0,86	0,66	*0,797*
7 h			1,02			0,54						0,81		0,63	

(1) Moyennes établies après exclusion des chiffres correspondant aux lapins n° 4 et 6.

TABLEAU XLV

Lapins diabétiques

Evolution de la glycémie réduite
Ingestion de 0,415 g de glucides sous forme de concentré dilué par kg de poids

Lapin n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	*Moyennes* (1)
BASE	ramenée à 3,01											*3,01*
0 h 30	3,81	2,94	3,01	3,89	3,66	3,08	3,01	3,08	3,57	2,93	2,62	*3,179*
1 h	3,96	3,12	3,33	3,13	3,91	2,77	3,09	3,57	3,50		3,22	*3,293*
1 h 30	5,67	3,51	3,01	2,58	3,54	2,84	3,04	3,08	3,50	2,93	3,45	*3,148*
2 h			2,19	2,43	3,84	2,75	2,96	3,02	3,47		3,10	*2,970*
2 h 30	5,67									2,70		
3 h		3,34		2,62	3,76	2,75	2,88	2,75	3,20			*3,042*
3 h 30	5,44										2,52	
4 h		3,17	2,19	2,52	3,84	2,75	2,88	2,58	3,20			*2,891*
4 h 30	5,29									2,23	2,22	
5 h		2,51	2,19	2,62	3,84	2,31	2,14	2,65	2,91			*2,646*
5 h 30	4,57										2,21	
6 h			2,52			2,49	2,45	2,45	3,57			*2,696*
6 h 30			2,23	2,64							1,81	
7 h												

(1) Moyennes établies après exclusion des chiffres correspondant au lapin n° 1.

TABLEAU XLVI

Lapins normaux

Evolution de la glycémie réduite
Ingestion de 0,83 g du mélange fructose-saccharose par kg de poids

Lapin n°	1	2	3	4	5	6	7	8	*Moyennes*
Base	ramenée à 0,847								*0,847*
0 h 30	0,77	0,84	1,21	1,27	0,70	0,84	2,08	1,97	*1,210*
1 h	0,77	0,84	1,11	1,25	0,75	0,83	1,70	1,87	*1,140*
1 h 30	0,83	0,88	1,07	1,30	0,80	0,90	1,50	1,74	*1,127*
2 h	0,93	0,96	0,84	1,42	0,98	0,99	1,45	1,74	*1,163*
2 h 30					0,91	0,89			
3 h	0,88	0,93	0,87	1,17			1,25	1,48	*0,822*
3 h 30									
4 h	1,36	1,16	1,10	1,10	0,80	0,90	1,04	1,48	*0,980*
4 h 30									
5 h	1,21	1,11	1,07	1,51	0,69	0,77	1,12	1,40	*1,111*
5 h 30									
6 h	1,11	0,88	0,91	1,30	0,80	0,85	1,28	1,52	*1,081*
6 h 30									
7 h					0,75	0,98			

TABLEAU XLVII

Lapins diabétiques

Evolution de la glycémie réduite
Ingestion de 0,415 g du mélange fructose-saccharose par kg de poids

Lapin n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	*Moyennes* (1)
BASE	ramenée à 3,01										*3,01*
0 h 30	3,40	3,74	3,93	2,74	1,83	2,29	2,59	3,34	3,07	3,64	*2,993*
1 h			7,42	3,57	2,84	3,49	3,17	2,87	3,42	3,32	*3,240*
1 h 30	3,08	3,45	5,20	3,04	2,99	2,84	3,28	2,81	3,74	3,50	*3,192*
2 h	2,80	3,61	6,35	3,68	2,94	3,66	3,77	2,81	4,50	3,25	*3,446*
2 h 30	2,90	3,45	8,67	4,16	3,10	5,11	3,53	2,58	3,16	3,25	*3,471*
3 h			10,17	5,33	4,14	5,27	3,16	2,15	3,58	2,67	*3,752*
4 h	2,84	3,06	6,99	4,52	3,37	4,69	3,35	2,34	3,49	2,89	*3,394*
5 h	2,34	2,95	5,30	4,18	2,43	4,31	2,98	2,25	3,00	2,55	*2,999*
6 h	2,42	2,69	3,78	3,30	2,45	4,16	3,86	1,99	2,42	1,92	*2,801*

(1) Moyennes calculées après exclusion des chiffres correspondant au lapin n° 3.

TABLEAU XLVIII

Lapins normaux

Evolution de la glycémie réduite
Ingestion de 0,83 g du mélange glucose-saccharose
et de 100 mg d'ions maliques par kg de poids

Lapin n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*Moyennes*
BASE	ramenée à 0,847									*0,847*
0 h 30	1,07	0,43	1,23	0,89	1,16	1,12	0,83	0,90	0,94	*0,952*
1 h	0,92	0,38	1,29		1,10	1,45	1,03	1,08	1,24	*1,061*
1 h 30	0,86	0,43	0,97	0,84	1,12	1,33	1,15	1,12	1,12	*0,993*
2 h	0,64	0,33	0,90	0,90	0,87	0,92	1,08	1,08	0,90	*0,846*
2 h 30	0,63	0,33		0,69	0,73	0,71	0,84	0,93	0,79	*0,706*
3 h				0,69	0,75	0,79	1,00	1,08	0,81	*0,853*
3 h 30	0,55		0,83							
4 h		0,33	0,96	0,66	0,96	0,75	0,77	0,92	0,77	*0,765*
4 h 30										
5 h	0,73	0,32	0,84	0,77	0,72	0,80	0,84	0,92	0,77	*0,745*
5 h 30										
6 h	0,52	0,30	0,78	0,75	0,67	0,94	0,75	0,72	0,77	*0,688*
6 h 30										
7 h		0,31					0,70	0,75	0,75	
7 h 30				0,74					0,72	

TABLEAU XLIX

Lapins diabétiques

Evolution de la glycémie réduite
Ingestion de 0,415 g du mélange glucose-saccharose
et de 0,50 g d'ions maliques par kg de poids

Lapin n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*Moyennes*
BASE	ramenée à 3,01									*3,01*
0 h 30	2,46	2,93	3,01				3,40	3,67		*3,146*
1 h	2,23	3,05	2,84	2,59	2,56	2,82	3,20			*2,770*
1 h 30	2,20	2,93	3,41	2,83		2,58	3,09	4,18	3,02	*3,030*
2 h		2,03	2,90	2,99	2,82	3,08	3,27	4,09	2,98	*3,120*
2 h 30									2,90	
3 h	2,05	2,70	2,55	3,18	2,58	2,97	2,85	3,22	2,82	*2,770*
3 h 30										
4 h	1,81	2,32	2,59	2,80	3,17	2,92	2,85	2,72	2,86	*2,670*
4 h 30										
5 h	1,86	3,07	2,15	2,46	2,87	2,71	2,93	2,29	3,01	*2,594*
5 h 30										
6 h	2,05	2,51	2,15	3,10	2,67	2,79	2,73	2,16		*2,520*
6 h 30										
7 h				3,18						
7 h 30										

TABLEAU L

Lapins normaux

Evolution de la glycémie réduite
Ingestion de 100 mg d'ions maliques par kg de poids

Lapin n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	*Moyennes*
BASE	ramenée à 0,847												*0,847*
0 h 30	0,90	0,83	0,99	0,85	0,82	1,13	1,05	1,04	1,16	0,78	0,85	0,94	*0,947*
1 h	0,89	0,73	1,00	0,80			0,90	1,10	1,08	0,92	0,84	0,89	*0,915*
1 h 30	0,91	0,80	0,96	0,93			0,75	0,85	0,94	0,83	0,82	0,94	*0,863*
2 h	0,87	0,70	0,95	0,94	0,75		0,73	0,73	1,04	0,80	0,84	0,95	*0,845*
2 h 30			0,92	0,85			0,73	0,88	1,13	1,04	0,85	0,96	*0,920*
3 h	0,83	0,63	0,92	0,77	0,77	0,79	0,71	0,78	1,09	0,80	0,84	1,10	*0,836*
3 h 30													
4 h	0,82	0,63	0,80	0,77			1,09	0,97	0,99	0,79	0,82	0,94	*0,862*
4 h 30													
5 h	0,80	0,63	0,74	0,80			0,85	0,79	0,79	0,60	0,76	1,00	*0,776*
5 h 30													
6 h	0,80	0,60	0,67	0,78	0,58	0,67	0,94	0,82	0,96	0,69	0,84	0,95	*0,775*
6 h 30													
7 h													
7 h 30													

TABLEAU LI

Lapins diabétiques

Evolution de la glycémie réduite
Ingestion de 50 mg d'ions maliques par kg de poids

Lapin n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	*Moyennes*
BASE	ramenée à 3,01										*3,01*
0 h 30	3,24	3,74	2,62	2,76	3,66	3,36	3,76	3,37	3,42	3,41	*3,334*
1 h	3,56	3,96	2,73	3,03	3,66	3,29	3,23	3,05			*3,313*
1 h 30	3,13	3,60	2,84	3,47	3,47	2,78	3,14	3,41			*2,796*
2 h	3,04	3,54	2,64	3,27	3,03	2,73	2,72	2,41	3,92	2,71	*3,001*
2 h 30			2,46	2,88	2,71	2,97	2,62	2,54			*2,696*
3 h	2,71	3,48	2,30	3,25	3,13	3,00	2,86	3,52		2,03	*2,920*
3 h 30											
4 h	2,50	3,05	2,12	3,00	2,73	2,75	3,23	2,91	3,05		*2,815*
4 h 30											
5 h	2,45	2,96	2,09	2,83	2,25	2,58	2,11	2,88			*2,518*
5 h 30											
6 h	2,25	2,78	2,01	3,00	1,71	2,85	2,02	2,35	2,36	1,30	*2,263*
6 h 30											
7 h											
7 h 30											

8. **Etude des courbes évolutives des glycémies réduites moyennes.**

A) Solution glucose-saccharose.

a) *Chez le lapin normal.*

L'étude des chiffres du tableau XLII, p. 196 montre que nous avons pu, dans ce cas, reproduire expérimentalement un test d'hyperglycémie qui présente une évolution très comparable à celle qu'on lui connaît en clinique chez l'homme normal.

On observe, en effet, une montée assez rapide de la glycémie à la première demi-heure, puis une décroissance du taux de sucre sanguin arrivant près de la normale vers 2 heures 30 après le début de l'expérience. Cette chute de la glycémie déclenche une nouvelle remontée — vraisemblablement par libération de glucose à partir du glycogène hépatique — qui s'amortit ensuite rapidement.

Tous les animaux ont présenté cette évolution : hyperglycémie, puis chute assez rapide près du point de départ, puis oscillations terminales après légère remontée secondaire.

La courbe moyenne, figure IV (A), p. 207, reproduit l'évolution des glycémies telle qu'elle se présente chez le lapin normal et nous a paru une base de comparaison valable pour la poursuite de notre étude.

b) *Chez le lapin diabétique.*

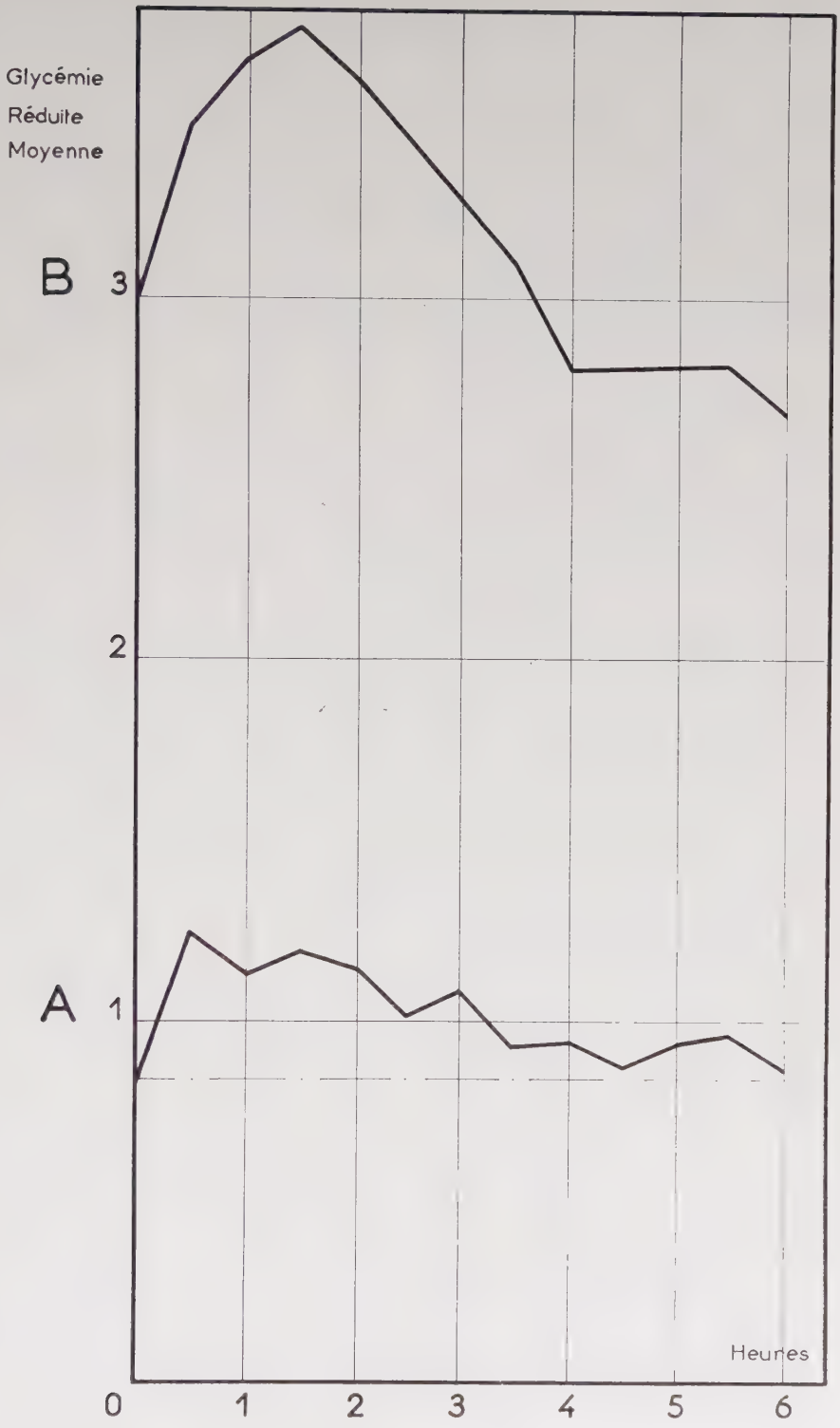
L'étude des chiffres du tableau XLIII, p. 197 montre que le lapin diabétique réagit de façon beaucoup plus individuelle que le lapin normal.

La dispersion des résultats relativement minime dans les premières heures de l'expérience augmente vers la fin, mais l'allure générale de la réaction reste assez parallèle chez tous les animaux pour nous autoriser à établir une série de moyennes permettant de dessiner la courbe, figure IV (B), p. 207 qui donne une vue proche de la réalité de l'évolution des glycémies dans ce cas.

On se rend compte que chez le lapin diabétique la courbe d'hyperglycémie provoquée prend bien comme il fallait s'y attendre la forme qu'on lui connaît en clinique humaine chez le diabétique, avec une pointe d'hyperglycémie élevée, le retour à des chiffres proches de la glycémie de base ne s'effectuant qu'en 3 heures 30 — 4 heures.

La courbe moyenne d'hyperglycémie provoquée chez le lapin diabétique nous a paru également une base de comparaison suffisante pour la poursuite de nos recherches.

FIG. IV



EVOLUTION DES GLYCEMIES REDUITES MOYENNES APRES INGESTION DE LA SOLUTION GLUCOSE-SACCHAROSE .

A) chez le lapin normal
B) chez le lapin diabétique

B) Concentré dilué.

a) *Chez le lapin normal.*

Comme on le voit dans le tableau XLIV, p. 198, les résultats individuels pour chaque lapin montrent que l'évolution des glycémies est tout à fait parallèle chez tous les animaux et se caractérise par une légère pointe d'hyperglycémie à la première demi-heure, suivie très rapidement d'une chute très près de la normale. Comme précédemment, il s'en suit une réaction vraisemblablement d'origine hépatique amenant une légère remontée du taux sanguin. Mais l'amplitude des oscillations est très faible et la courbe s'amortit très vite.

Cette constance de l'évolution des résultats et le parallélisme existant chez tous les animaux nous ont autorisés à établir des moyennes qui ont servi de base à la constitution de la courbe figure V (A), p. 209.

Nous avons éliminé toutefois du calcul de la moyenne, les lapins nº 4 et nº 6 par un souci d'exactitude :

Le lapin nº 4 s'est révélé être en fait... une lapine et suivant la règle générale que nous nous étions imposé résultant de considérations précédemment exposées, nous avons dû ne pas tenir compte de cet animal femelle introduit par inadvertance dans notre expérimentation définitive.

Le lapin nº 6 — mâle celui-là — nous a posé un problème particulier.

Il a, en effet, manifesté, ainsi qu'on le constate sur le tableau XXXIV, p. 187 qui présente les chiffres réels, une phase d'hypoglycémie très marquée à la deuxième heure s'étant traduite cliniquement par des convulsions.

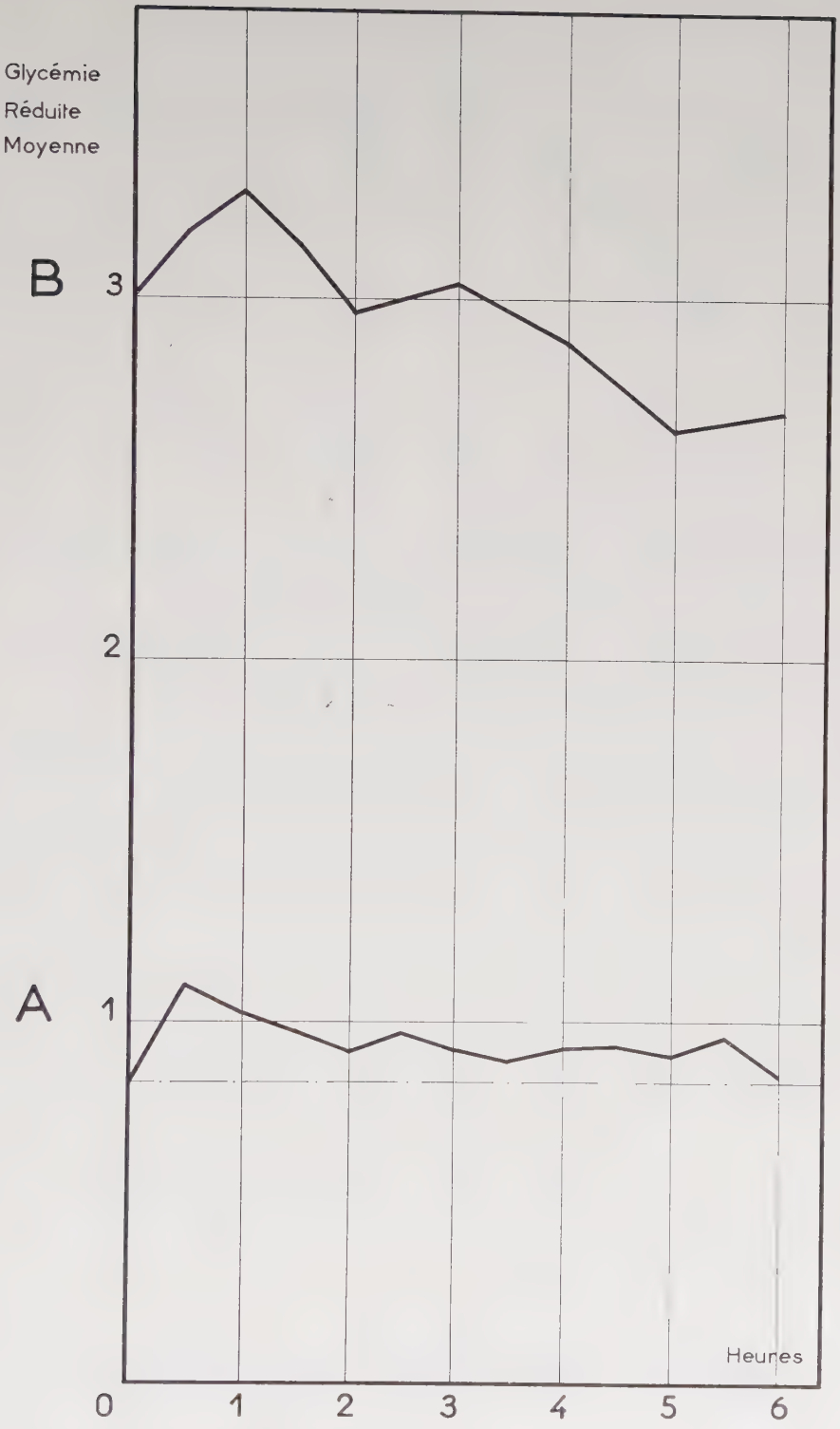
Bien que ce résultat soit dans la ligne générale des phénomènes observés avec le concentré dilué, il nous a paru difficile de le conserver et nous avons préféré éliminer ces chiffres par trop aberrants.

b) *Chez le lapin diabétique.*

Les résultats du tableau XLV, p. 199 montrent que tous nos animaux ont eu une évolution extrêmement comparable, connaissant même une dispersion beaucoup moindre que dans le cas de glucose-saccharose.

On observe ainsi une élévation primaire modérée de la glycémie se produisant plus ou moins précocement mais toujours dans la première heure, suivie en deux heures d'un rapide retour à la glycémie de départ et se terminant par une chute nettement en-dessous de la glycémie de base à partir de 3 heures 30 — 4 heures.

FIG. V



EVOLUTION DES GLYCEMIES REDUITES MOYENNES APRES INGESTION DU CONCENTRE DILUE

A) chez le lapin normal
B) chez le lapin diabétique

Cette évolution est pratiquement identique pour tous nos animaux sauf un qui, (lapin nº 1) ayant présenté un diabète rapidement incontrôlé et décompensé dont nous n'avons pu élucider la cause, a dû être éliminé du calcul des moyennes.

Les moyennes établies ont permis de dessiner la courbe figure V (B), p. 209.

C) Solution fructose-saccharose.

a) *Chez le lapin normal.*

Contrairement à ce que nous avons observé avec le mélange glucose-saccharose, le mélange fructose-saccharose semble provoquer chez le lapin normal des réactions hyperglycémiques essentiellement individuelles et très variables ainsi qu'il ressort de l'examen du tableau XLVI, p. 200.

Certains animaux présentent une pointe d'hyperglycémie précoce avec retour assez rapide à la glycémie de départ suivi peu de temps après d'une remontée assez élevée (cas 3 et 4).

D'autres présentent une réaction hyperglycémique semi-tardive vers la deuxième heure avec lente décroissance et légère remontée terminale (cas 5 et 6).

D'autres ont, après un plateau plus ou moins long pendant lequel la courbe reste stationnaire, une remontée tardive de la glycémie qui atteint alors des chiffres assez élevés (cas 2 et surtout 1).

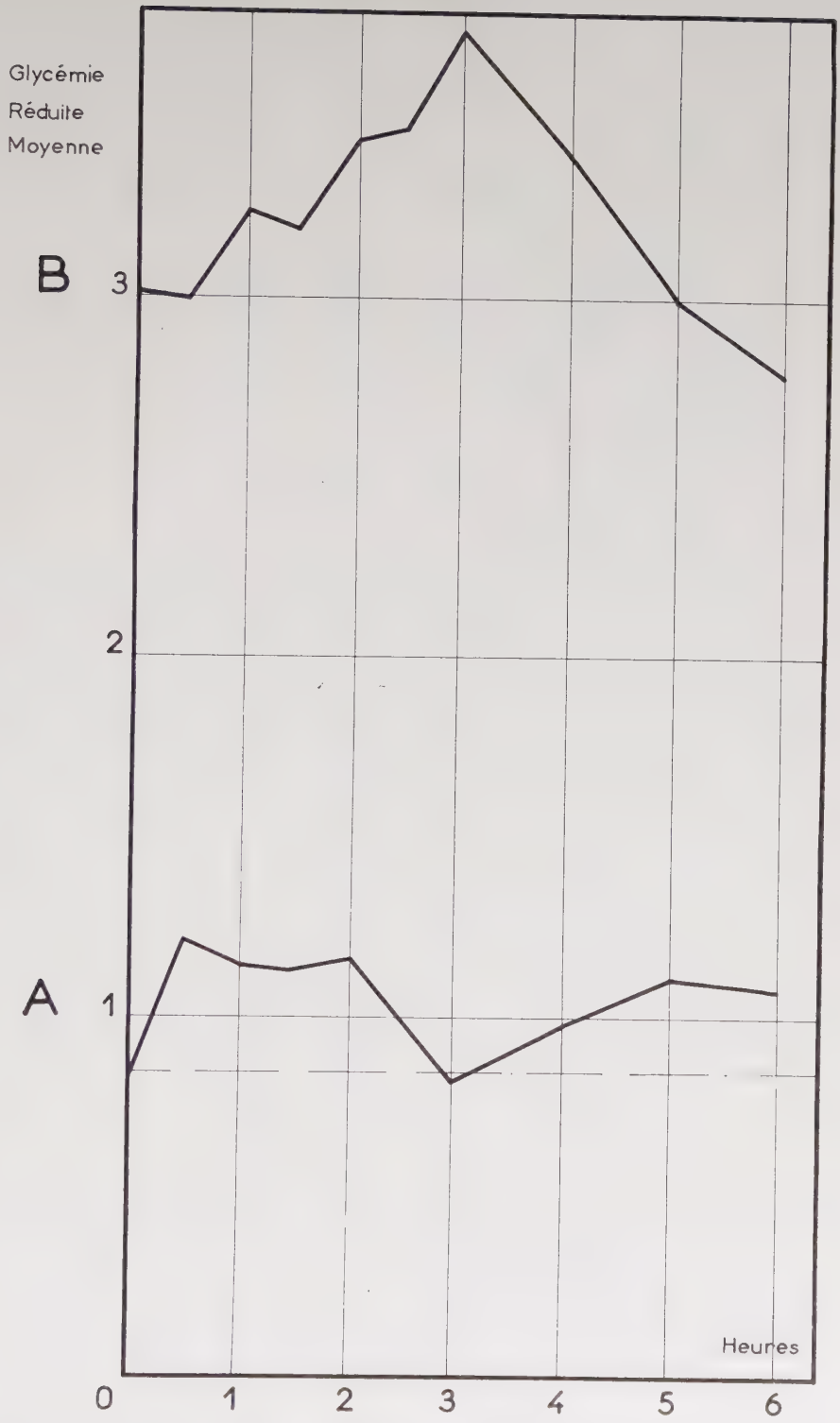
D'autres, enfin (cas 7 et 8) manifestent une réaction hyperglycémique dont l'évolution dans le temps est tout à fait parallèle à ce que nous avons observé avec le mélange glucose-saccharose précédemment utilisé.

Dans ces conditions, il est difficile d'établir une courbe moyenne. Nous avons toutefois dessiné un graphique (figure VI (A) p. 211) que nous publions à titre purement documentaire, sans oublier les réserves qui doivent être exprimées. Nous observons cependant que la courbe obtenue reflète assez fidèlement l'évolution du phénomène, puisque — contrairement à ce qui se produit avec les solutions précédentes — on note ici deux « pics » successifs d'hyperglycémie, liés très vraisemblablement aux différences individuelles dans le mécanisme de transformation intestinale et hépatique du fructose en glucose.

b) *Chez le lapin diabétique.*

Nos dix animaux ont présenté une réponse tout à fait parallèle, (voir tableau XLVII, p. 201), sauf un (lapin nº 3) qui, malgré une

FIG. VI



EVOLUTION DES GLYCEMIES REDUITES MOYENNES APRES INGESTION DE LA SOLUTION FRUCTOSE-SACCHAROSE.

A) chez le lapin normal
B) chez le lapin diabétique

glycémie (réelle) de départ relativement basse a présenté une réaction de type diabétique très accentuée, le taux de glycémie arrivant à tripler à la troisième heure.

Nous avons donc été conduits à éliminer du calcul des moyennes cet animal par trop aberrant.

La courbe moyenne qu'il est possible de tracer (figure VI (B) p. 211) permet d'observer que le remplacement du glucose par du fructose aboutit bien aussi à l'obtention d'une courbe de type diabétique. Mais, fait intéressant, le maximum n'est atteint que par paliers et surtout il se trouve décalé dans le temps, n'apparaissant qu'à la troisième heure (au lieu de 1 heure 30 comme c'est le cas avec glucose-saccharose).

D) Solution neutralisée glucose-saccharose-acide malique.

a) *Chez le lapin normal.*

On constate ici (voir tableau XLVIII, p. 202) une concordance extrêmement serrée des résultats, l'évolution de chacun des neuf lapins étudiés s'étant faite sur le même mode : très discrète élévation de la glycémie au départ, puis baisse rapide en-dessous de la glycémie de base, se maintenant ensuite en plateau à un niveau très bas.

Le parallélisme observé chez les animaux nous a autorisés à établir des moyennes qu'illustre la courbe figure VII (A), p. 213.

b) *Chez le lapin diabétique.*

L'évolution de chacun de nos animaux (voir tableau XLIX, p. 203) est calquée l'une sur l'autre et ici encore la concordance des faits nous a autorisés à produire les moyennes permettant la constitution de la courbe figure VII (B), p. 213.

On observe ici — et nous pensons que ce résultat est à souligner tout particulièrement — une chute pratiquement constante de la glycémie *en-dessous* du taux de départ (sauf une très légère oscillation positive à la deuxième heure).

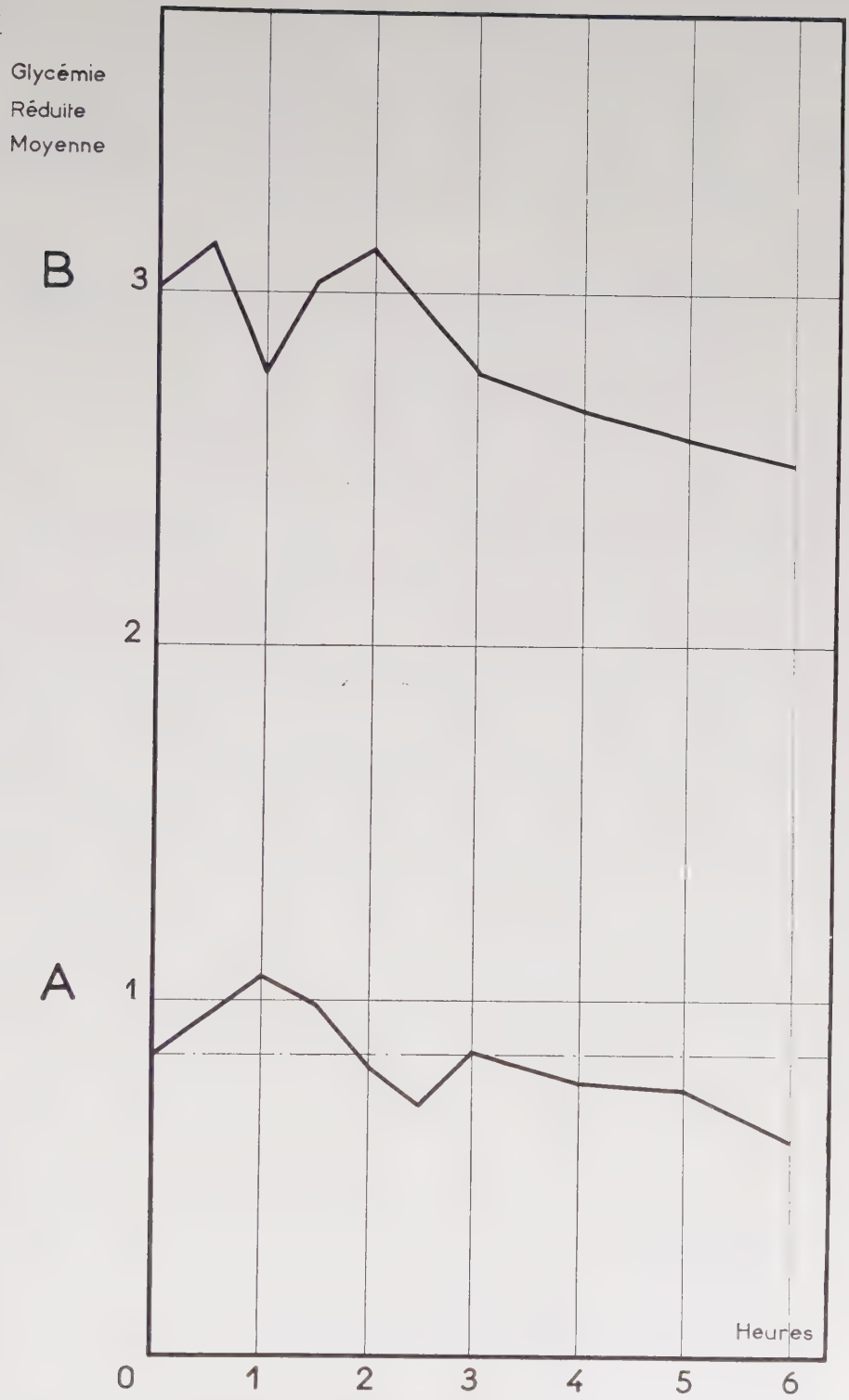
E) Solution neutralisée d'acide malique.

a) *Chez le lapin normal.*

On voit d'après le tableau L, p. 204 que chez tous les animaux, l'évolution de la glycémie après ingestion d'ions maliques est très comparable.

Les moyennes permettent de tracer la courbe figure VIII (A), p. 215 sur laquelle il est facile de se rendre compte qu'il n'y a pas de perturbation nette de la glycémie, sauf une légère hypoglycémie tardive. Ceci est assez logique, car chez le lapin normal, le métabolisme glucidique peut être réputé bien équilibré et difficile à influencer.

FIG. VII



EVOLUTION DES GLYCEMIES REDUITES MOYENNES APRES INGESTION DE LA SOLUTION NEUTRALISEE GLUCOSE–SACCHAROSE–ACIDE–MALIQUE.

A) chez le lapin normal
B) chez le lapin diabétique

Ce phénomène mérite d'être retenu car, si les propriétés hypoglycémiantes de l'ion malique étaient confirmées, il ne s'agirait pas d'un effet insulinique (qui serait présent même chez le lapin normal), mais plutôt d'une accélération du métabolisme des glucides, intervenant à un stade intime de l'organisation cellulaire.

b) *Chez le lapin diabétique.*

L'ingestion d'ions maliques a eu le résultat paradoxal en apparence, puisque la solution ne contient pas de glucides, de faire, dans une première phase, monter la glycémie (voir tableau LI, p. 205) ce qui apparait nettement sur la courbe figure VIII (B), p. 215 représentant l'évolution des moyennes des glycémies réduites.

Après un plateau de courte durée, la courbe descend assez nettement en-dessous du taux de départ.

Ces essais semblent donc bien confirmer l'influence de l'ion malique sur le métabolisme du glucose dans le sens d'une accélération de sa consommation.

L'hyperglycémie trouvée dans nos expériences au début de la période d'observation correspond vraisemblablement à une décharge glucidique à partir du glycogène hépatique.

Il faut, en effet, que le glucose retrouvé soit d'origine endogène puisque nous n'avons pas administré de glucides. La genèse de cette libération hépatique de glucose est-elle due à l'ion malique lui-même ou à un facteur hormonal ? (décharge adrénalinique émotionnelle révélée ici du fait de l'absence d'hyperglycémie alimentaire). Il serait intéressant d'étudier ce problème.

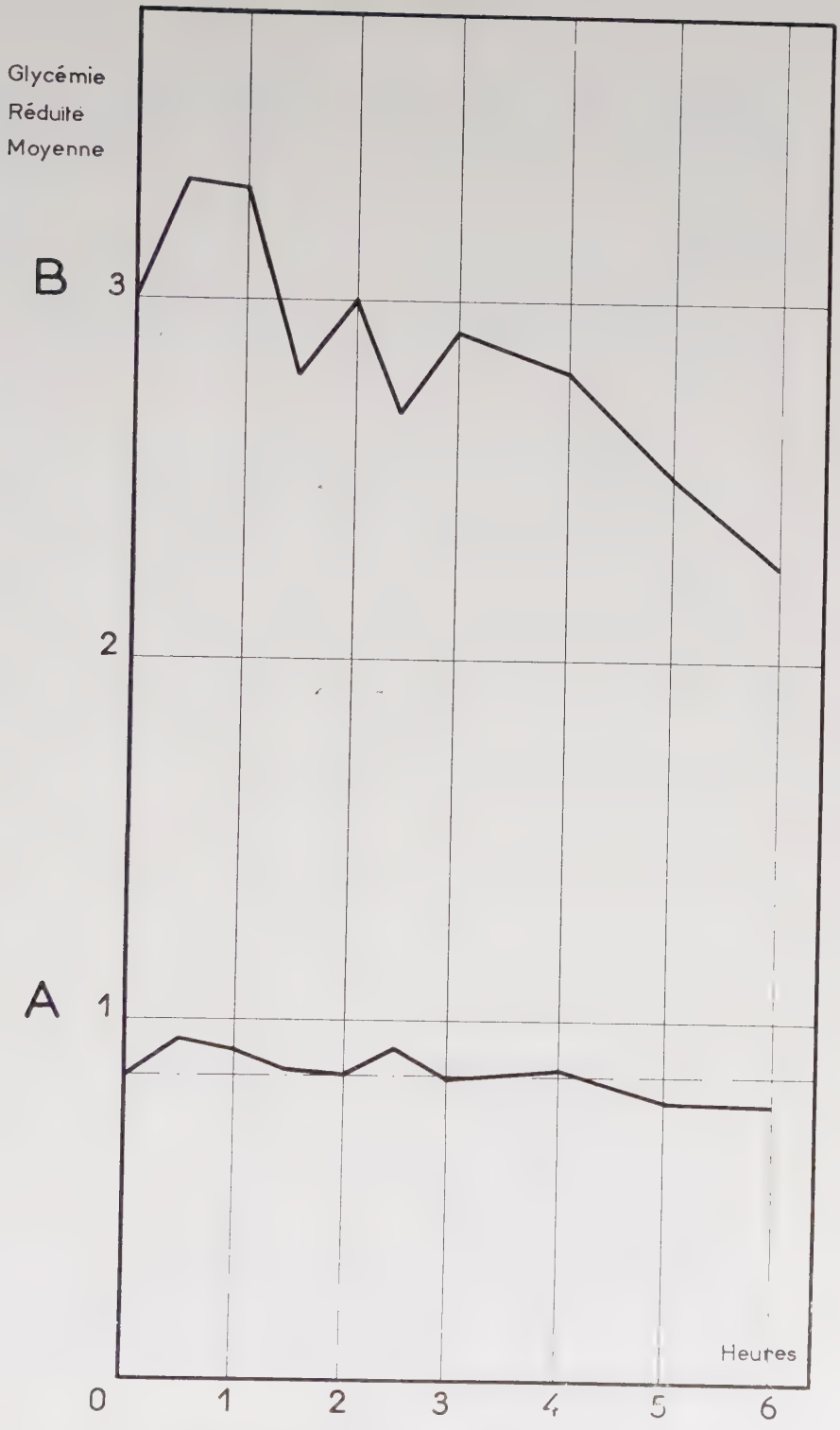
En tout cas, malgré la surcharge glucidique d'origine hépatique probable, on voit que les animaux recevant l'ion malique consomment rapidement le glucose dont ils peuvent « disposer » contrairement à ce qui se produit chez l'animal diabétique.

9. **Comparaison des courbes évolutives des glycémies réduites moyennes obtenues avec le concentré dilué et avec le glucose-saccharose.**

Les courbes moyennes d'hyperglycémie que nous avons obtenues chez les animaux, normaux ou diabétiques, avec la solution de glucose-saccharose répondent à ce que l'on pouvait attendre d'après l'enseignement de la clinique humaine :

— courbe de type normal dans un cas ;
— courbe de type diabétique dans l'autre.

FIG. VIII



EVOLUTION DES GLYCEMIES REDUITES MOYENNES APRES INGESTION DE LA SOLUTION NEUTRALISEE D'ACIDE MALIQUE

A) chez le lapin normal
B) chez le lapin diabélique

Ces deux courbes nous ont paru fournir une base de comparaison valable pour juger de l'action du concentré dilué sur le test d'hyperglycémie du lapin et si l'on rapproche les courbes moyennes obtenues avec le concentré dilué de celles qui représentent le test d'hyperglycémie du glucose-saccharose, on voit apparaître des différences sensibles.

Chez le lapin normal, l'étude des courbes montre nettement que la charge glucidique apportée par le concentré dilué a sur l'évolution de la glycémie, une influence bien moindre que le mélange glucose-saccharose.

L'hyperglycémie observée est beaucoup plus modeste, de durée moindre, la courbe s'amortissant très près de la normale dans des délais très brefs.

Chez le lapin diabétique, l'examen des courbes montre des différences encore plus nettes. Alors qu'avec le mélange glucose-saccharose, on observe une courbe d'hyperglycémie typiquement diabétique, on a avec le concentré dilué une courbe proche d'une réaction normale :

La pointe d'hyperglycémie est moins élevée ; dès la première heure une chute s'amorce qui retrouve le point de départ dès 2 heures 30 sans avoir dessiné de plateau ; l'évolution ultérieure fait apparaître des glycémies constamment en-dessous de la glycémie de départ ou très proches de celle-ci, la courbe faisant même apparaître à la cinquième heure, une chute hypoglycémique nette.

10. **Influence de la nature du supplément ingéré.**

Deux facteurs nous semblent devoir être considérés pour chercher une éventuelle explication physiologique aux différences observées dans le comportement dans l'organisme (à teneur en sucres égale) du mélange glucose-saccharose et du concentré dilué :

— la qualité des sucres ;

— la teneur du concentré dilué en certains acides organiques parmi lesquels nous avons essentiellement retenu le plus abondant : l'acide malique.

Nous allons les étudier successivement :

A) Influence de la qualité des sucres.

Reprenons l'examen des courbes, figure VI, p. 211 et des chiffres des tableaux XLVI et XLVII, p. 200 et 201, représentant l'évolution des glycémies réduites après ingestion de fructose-saccharose, en les comparant à l'évolution des glycémies réduites après ingestion de glucose-saccharose.

Chez le lapin normal, il est délicat de conclure, les réactions des animaux à l'ingestion du mélange fructose-saccharose étant très individuelles et se répartissant en des modalités d'évolution très variées.

Tous les intermédiaires existent entre une courbe identique à celle du glucose-saccharose et une courbe très divergente avec pointe d'hyperglycémie retardée.

Il semble que si le fructose intervient dans les différences présentées par la métabolisation du concentré dilué et du mélange glucose-saccharose, ce ne peut être chez le lapin normal que d'une façon partielle.

Chez le lapin alloxanisé, par contre, notre expérience avec le fructose-saccharose nous a révélé l'existence d'une réaction de type diabétique, mais décalée dans le temps.

Ce décalage nous paraît bien refléter le fait que, comme on le sait, le fructose ingéré n'est utilisé par l'organisme que sous forme de glucose après transformation au niveau de l'intestin et du foie. Par la suite, son métabolisme rejoint celui du glucose, provoquant, dans nos conditions expérimentales, la poussée hyperglycémique retardée. Ainsi donc, les différences entre la réponse de l'animal alloxanisé soit au concentré dilué, soit au mélange glucose-saccharose, ne semblent-elles pas dues à la présence du fructose dans le « jus de pomme ».

B) Influence de l'ion malique.

Cette influence ne saurait être passée sous silence et nous paraît même mériter une attention toute spéciale.

Il suffit, pour en être persuadé, de comparer l'évolution des glycémies après ingestion du mélange glucose-saccharose avec ou sans adjonction d'ions maliques.

Les différences apparaissent nettement sur nos courbes, figure IV, p. 207 et figure VII, p. 213, qui montrent que l'adjonction d'acide malique imprime à l'évolution de la glycémie une allure particulière.

Chez le lapin normal la comparaison des courbes observées avec glucose-saccharose-ions maliques et glucose-saccharose est frappante. Comme on le remarque, la courbe obtenue avec la solution glucidique additionnée d'ions maliques se rapproche beaucoup de la courbe obtenue avec le concentré dilué. Elle ne montre qu'une faible augmentation de la glycémie et s'infléchit dès la première heure vers une nette hypoglycémie.

Chez le lapin diabétique, les courbes obtenues par le mélange glucose-saccharose et par l'association glucose-saccharose-ions maliques divergent totalement.

Il est facile de constater que l'ion malique annule complètement l'effet de la charge glucidique, la courbe évoluant constamment *en-dessous* du taux de glycémie de départ.

L'ingestion d'ion malique seul a également sur l'évolution de la glycémie un effet caractéristique, mais seulement chez le lapin diabétique chez lequel il provoque une constante hypoglycémie, alors qu'il est sans influence sur la glycémie du lapin dont le métabolisme n'a pas été artificiellement perturbé.

Ainsi nos expériences semblent établir :

1° que l'ion malique, dans nos conditions de travail, permet une meilleure utilisation des glucides par le lapin diabétique ou, plus généralement, qu'il en accélère la métabolisation ;

2° que cette action — qui mériterait d'être confirmée — ne paraît pas être due à un effet insulinique (qui se retrouverait chez l'animal normal), mais plutôt à un autre mécanisme — qui reste à élucider.

11. **Discussion.**

La série d'expériences que nous avons réalisées nous permet de mettre en lumière les faits suivants :

— *chez le lapin normal*, le concentré dilué ne perturbe pratiquement pas le métabolisme glucidique ;

— *chez le lapin diabétique*, l'ingestion du concentré dilué réalise une hyperglycémie modeste de type normal et non de type diabétique, comme le fait le mélange glucose-saccharose.

Cet effet du concentré dilué sur la glycémie semble dû, dans nos conditions expérimentales :

— pour une part vraisemblablement faible à la richesse du concentré dilué en fructose ;

— surtout à sa teneur en ion malique.

L'hypothèse d'une action prépondérante de l'ion malique est justifiée non seulement par nos présentes expériences, mais aussi par ce que l'on sait théoriquement de son rôle dans le métabolisme des glucides.

En effet, l'acide malique intervient dans le cycle de Krebs comme précurseur immédiat de l'acide oxalacétique, premier maillon de la chaîne tricarboxylique de la glycolyse aérobie, et il semble ainsi logique de lui attribuer une participation importante dans les phénomènes que nous avons observés.

VIII

PLACE EN DIÉTÉTIQUE

La composition moyenne du jus de pomme telle que nous avons pu l'établir dans le tableau XXI, p. 118, ses caractères de pureté bactériologique et son pouvoir spontané de défense contre l'infection microbienne vérifiés sur des produits commerciaux non spécialement choisis, ses incidences biologiques enfin dont nous avons pu fournir une appréciation, permettent de le considérer non seulement comme une boisson saine et hygiénique, mais également comme un véritable aliment énergétique qui doit trouver une place importante en diététique.

Certes des différences existent entre le jus trouble, qui doit être considéré comme le produit idéal le plus voisin de la pomme dont il est issu, et le jus limpide ou le concentré dilué moins riches en matières pectiques, gommes, mucilages, matières azotées et matières salines.

Mais envisagées du point de vue de l'utilisation diététique ces différences restent cependant relativement secondaires et l'on est autorisé à assimiler, en pratique, les trois produits, le concentré de jus de pomme ayant, par ailleurs, l'avantage économique important d'être une forme d'utilisation particulièrement avantageuse pour le consommateur.

Aussi dans les pages qui suivent, qui cherchent à préciser les possibilités *pratiques* d'utilisation du produit, parlerons-nous globalement du jus de pomme sans entrer dans les détails des différences entre ses trois formes de présentation.

I - Utilisation du jus de pomme en diététique courante

Rappelons d'abord très brièvement les besoins nutritionnels de l'adulte d'après les standards habituellement retenus (National Research Council — U.S. Department for Education and Welfare — Institut National d'Hygiène — Comité Mixte FAO-OMS).

Chiffres valables pour 24 heures pour un sujet adulte, de sexe masculin, réputé « normal » (65-70 kg, 1,70 m, à activité moyenne) placé dans les conditions de vie habituelle dans les pays à haute civilisation de climat tempéré :

Besoin calorique..... 2 600 à 3 000 calories
Besoin glucidique..... 400 g
Besoin protidique..... 70 g
Besoin lipidique..... 70 g
Besoin en eau et sels minéraux

a) Eau : 3 000 g environ
(1 500 g dans les différentes boissons, le reste étant fourni par les divers aliments aqueux).

b) Electrolytes : essentiellement :

ClNa.....	10	g
Ca.....	1	g
Fe.....	0,012	g
P.....	1,5	g
K.....	3	g

dont les besoins on été plus spécialement évalués.

A ces besoins quantitatifs, il y a lieu d'ajouter certaines exigences au point de vue qualitatif.

Ainsi, les éléments qui ne peuvent être synthétisés par l'organisme, doivent obligatoirement être apportés par l'alimentation.

C'est le cas :

— des acides aminés essentiels ;
— des acides gras essentiels ;
— des vitamines dont les besoins sont environ (par 24 heures) de :

1,7	mg	pour	la vitamine	A
1,5	mg	—	—	B_1
2,5	mg	—	—	B_2
17	mg	—	—	PP
80	mg	—	—	C
0,0025	mg	—	—	D

plus des quantités suffisantes (mais non précisées actuellement) des vitamines E, K, P, B_6, B_{12} et d'acide pantothénique.

— des oligo-éléments K, Co, Mg, F, etc.
— de certains aliments à rôle mécanique de « ballast » comme la cellulose.

Source de calories glucidiques, de vitamines, d'oligo-éléments et d'eau, le jus de pomme peut, **pour une part,** couvrir les besoins nutritionnels de l'adulte.

Mais sauf cas particuliers d'indication médicale et sur lesquels nous reviendrons, il n'est pas question d'assurer avec du jus de pomme l'intégralité de la ration alimentaire. Le jus de pomme ne saurait y prétendre du fait même de sa composition très hypoprotéique et hypolipidique.

Cependant, sa richesse en calories glucidiques, la commodité d'emploi de sa présentation liquide permettent d'en faire un véritable aliment d'appoint hydratant et vitaminé, ayant, de plus, l'avantage de dispenser des calories sous forme assimilable immédiatement et de pouvoir être utilisé dans de très nombreuses circonstances.

Nous en citerons quelques-unes, sans prétendre épuiser le sujet et en évoquant spécialement les *états physiologiques* où se fait sentir la nécessité d'une complémentation de l'alimentation.

1. Utilisation chez l'enfant d'âge scolaire.

A) Comme aliment de complément :

On sait que chez certains enfants d'âge scolaire, existe un véritable problème alimentaire et de nombreuses enquêtes ont montré le déséquilibre nutritionnel de cette couche de la population, surtout dans certains milieux.

On a ainsi été amené à compléter le régime des écoliers par des distributions d'aliments dans les locaux scolaires mêmes. A l'étranger, cette pratique s'est largement développée depuis les premiers essais de « petits déjeuners de Stockholm » où l'on a pour la première fois réalisé de telles distributions.

En France même, on sait que des préoccupations semblables ont poussé à la distribution de lait dans les écoles.

Certes, il n'est pas de notre propos de prétendre que le jus de pomme soit l'équivalent du lait.

Nous pensons toutefois que, en cas d'impossibilité ou d'intolérance du lait chez les enfants, le jus de pomme pourrait fournir un appoint calorique non négligeable et susceptible de rendre service.

Le Ministère de l'Education Nationale a d'ailleurs admis dans une circulaire officielle du 10 août 1955, la possibilité de substituer un jus de fruit (dont le jus de pomme) au lait, chaque fois que la distribution de lait ne pourrait être assurée.

Il semble que, depuis, cette heureuse pratique soit quelque peu tombée en désuétude, et nous nous bornerons ici à le regretter.

B) Comme boisson habituelle :

Une autre utilisation du jus de pomme en milieu scolaire nous paraît hautement justifiée : c'est l'emploi comme boisson de table.

2. **Utilisation chez la femme enceinte.**

L'état de grossesse forme une contre-indication des boissons alcooliques et, pour les femmes enceintes, le jus de pomme peut jouer le rôle non seulement d'une agréable boisson, mais encore d'un aliment de complément de valeur.

De plus, nous voudrions insister ici sur l'influence du jus de pomme sur le métabolisme du calcium.

On sait l'intérêt qu'il y a à proposer aux femmes enceintes une alimentation riche en calcium tant pour conserver l'intégrité de leur propre squelette et des dents, que pour faire face aux besoins calciques considérables du produit de la gestation.

Le jus de pomme peut intervenir dans ce sens de façon hautement favorable. C'est d'abord une source non négligeable de calcium, bien que de valeur inégale (de 70 à 270 mg par litre), mais surtout, la pomme semble exercer une action bénéfique sur la fixation du calcium par l'appareil osseux. (Mindell et coll. Am. J. of Dig. Dis., 1939, 6, 116, cité par Causeret).

On pense que cette action est due à l'acide malique qui pourrait former avec le calcium des complexes solubles très assimilables. L'emploi du jus de pomme dans l'alimentation de la femme enceinte trouve de ce fait une justification supplémentaire.

3. **Utilisation chez les sujets soumis à des efforts physiques.**

Le jus de pomme peut trouver une place importante dans l'alimentation du travailleur qu'il fait bénéficier d'une boisson non alcoolique, agréable, désaltérante et riche en énergie facilement utilisable.

On sait que les habitudes alimentaires françaises sont critiquées des diététiciens qui reprochent surtout au petit déjeuner habituel d'être trop léger.

De fait, on observe couramment vers la fin de la matinée une phase d'hypoglycémie correspondant à un bilan énergétique déficitaire. Cet état se traduit par une baisse du rendement, de l'attention et de l'habileté ayant pour corollaire une augmentation du nombre des accidents du travail vers 11 heures du matin (la courbe présentant pour les mêmes raisons une seconde pointe vers 17 heures).

Cette notion est d'ailleurs empiriquement ressentie par les ouvriers qui sacrifient volontiers à l'usage du « casse-croûte » matinal. Il faut regretter toutefois que, trop souvent, la matinée ne soit guère coupée que par le « doping » d'un verre ou deux de vin qui, après une phase illusoire d'euphorie, n'améliorent en rien la situation.

Il serait hautement préférable que l'ouvrier trouve, à la cantine ou sur les lieux du travail, une boisson saine et hygiénique comme le jus de pomme qui lui apporterait les calories glucidiques nécessaires pour surmonter la phase dépressive de la fin de la matinée.

Des efforts intéressants en ce sens commencent à être réalisés et sont encouragés par les autorités officielles.

Une lettre du Professeur Debré a vivement recommandé aux industriels de mettre à la disposition de leur personnel des boissons non alcoolisées sur les lieux de travail, grâce s'il y a lieu aux appareils de distribution automatique dont la loi réserve l'usage aux seules boissons non alcoolisées (Décret du 1er février 1955).

Nous sommes persuadés que ces efforts aboutiront à une meilleure compréhension du rôle que peuvent jouer des produits comme le jus de pomme dans la prévention des accidents du travail, premièrement en réduisant la consommation des boissons alcooliques, et secondement en apportant un complément calorique directement assimilable.

Dans le même ordre d'idées, on peut retenir le haut intérêt du jus de pomme dans la lutte contre les accidents de la circulation où il intervient encore par un double mécanisme :

— diminution de la consommation des boissons alcoolisées ;

— prévention des états d'hypoglycémie et de déficit énergétique.

Egalement, nous ne saurions passer sous silence l'intérêt du jus de pomme chez le sportif.

C'est, en effet, une boisson idéale pour le sportif auquel il apporte au moment même de l'effort des calories immédiatement utilisables pour fournir de l'énergie musculaire, sous une forme particulièrement agréable et sans aucun phénomène secondaire nocif. Le pouvoir du jus de pomme de lutter contre la soif est, en outre, apprécié sur les stades où sa consommation est en constante progression.

Il serait intéressant de ce point de vue que les Forces Armées se préoccupent de cette question. Nous souhaitons que l'attention des autorités militaires soit alertée et que, plus que comme un moyen de lutte anti-alcoolique, le jus de pomme soit introduit en milieu militaire comme un véritable aliment méritant de prendre place dans les rations de combat du soldat.

II - Utilisation en diététique thérapeutique

Le jus de pomme peut trouver des indications dans *certaines circonstances pathologiques.*

Nous citerons plus spécialement les cas suivants :

1. **Dermatoses.**

Il nous paraît intéressant de citer ici les essais thérapeutiques qui ont été effectués dans le domaine de la dermatologie ou de la cosmétique avec des jus de fruits ou de légumes parmi lesquels le jus de pomme.

Indiquons d'abord, à titre d'information, qu'en dehors de son utilisation diététique, le jus de pomme paraît pouvoir être utilisé par voie externe ainsi que le préconise en particulier Rovesti et peut ainsi entrer dans la composition de certaines préparations cosmétologiques.

Par voie interne, le jus de pomme a été étudié expérimentalement chez l'homme par Burger M. et Knobloch H., qui ont mesuré son influence favorable sur l'érythème expérimental aux ultra-violets chez l'homme. Ces auteurs recommandent l'introduction du jus de pomme dans la nourriture « antiphlogistique ». Ils rapportent l'action bénéfique du jus de pomme (et d'autres fruits d'ailleurs) dans ces cas, à un principe actif encore inconnu qui serait différent des vitamines.

Sur le plan clinique, différents auteurs dont Schlegel L. recommandent la cure de jus de fruit dont le jus de pomme dans l'eczéma et les dermatoses généralisées. La cure qui consiste en une diète sévère pendant laquelle l'alimentation est assurée exclusivement par les jus de fruits nécessite l'hospitalisation et une surveillance médicale assidue. Ses résultats seraient excellents.

2. **Régimes liquides.**

Nous pensons avoir suffisamment établi la haute qualité du jus de pomme et la place importante qu'il nous paraît devoir occuper parmi les jus de fruits en général, pour en préconiser l'emploi dans les régimes liquides à base de jus de fruits.

Chaque fois qu'un régime liquide se trouve indiqué — chez l'opéré récent, le grand malade — le jus de pomme peut en former la base qu'il s'agisse d'administration par sonde ou d'utilisation comme « aliment liquide » chez les sujets pouvant déglutir.

Dans certains cas, il y aura lieu de compléter le jus de pomme par un apport protéique convenable, en particulier lorsque le régime liquide sera le mode d'alimentation exclusif du malade. On s'adressera alors au lait ou à ses dérivés (poudre de lait écrémé, fromages, etc.). Plus tard, lorsque le malade sera en mesure de recevoir un régime semi-liquide ou consistant, on pourra avantageusement choisir le jus de pomme (complété ou non d'un apport protéique) comme boisson, ses qualités énergétiques et nutritives donnant une intéressante possibilité de compléter le régime ingéré sous forme solide ou pâteuse.

En dehors de l'apport en calories glucidiques qu'il permet, le jus de pomme est, dans tous les cas, particulièrement intéressant pour sa richesse en potassium et sa pauvreté en sodium, ce qui en autorise l'emploi chaque fois qu'il s'agit de sujets exposés aux troubles de l'équilibre électrolytique par déperdition potassique et surcharge sodique.

3. **Obésité.**

Le jus de pomme paraît un aliment particulièrement indiqué dans le traitement diététique de l'obèse.

Du point de vue théorique, on retiendra, en effet, que le jus de pomme fait bénéficier l'obèse d'un aliment réalisant, si on l'emploie seul, à dose contrôlée, un régime :

— hypocalorique ;
— pauvre en sodium ;
— riche en potassium.

Les calories apportées sont utilisées rapidement et n'ont pas tendance à être mises en réserve. La richesse en potassium favorise l'élimination de l'eau. De plus, l'absence de lipides est un élément hautement favorable.

On peut donc recommander à l'obèse de se soumettre régulièrement à des journées de cure de jus de pomme pendant lesquelles celui-ci représentera le seul apport alimentaire, à une dose étudiée, de l'ordre de 7 à 800 ml par jour.

Cette technique largement préconisée à l'étranger, peut même être mise en œuvre pendant plusieurs jours sous réserve de l'hospitalisation et d'une surveillance médicale stricte.

C'est ainsi que, cliniquement, Schlegel L. a observé par l'effet de cures où le jeûne sévère est adouci par la prise de jus de fruits, des chutes de poids de 12 à 15 pour cent. Sur le plan psychologique, l'auteur insiste sur la bonne tolérance de ce régime, qui évite une

sensation de faim exagérée et habitue ainsi le malade à des rations moins riches, le jus de fruits lui ayant permis de faire l'expérience du jeûne sans avoir trop faim.

4. **Cardiologie.**

De nombreux auteurs, particulièrement Mochinsky, Bickel, Neusser, Lasch et Theinl, Grote et Schlegel, ont obtenu d'excellents résultats par l'emploi des jus de fruits — dont le jus de pomme — chez des malades en état de décompensation cardiaque soit hypertendus, soit porteurs d'une lésion valvulaire.

Les modalités de la cure sont différentes suivant les auteurs. L'absorption de jus de fruits est recommandée :

— soit en complément de régime ;
— soit en alimentation exclusive un ou deux jours par semaine ;
— soit en cure de jeûne pendant 12 à 15 jours sous surveillance médicale stricte, avec hospitalisation.

Les résultats sont, d'après les auteurs, très intéressants.
Ils portent :

— sur les signes subjectifs : douleurs anginoïdes améliorées. Le malade ressent un bien-être général ;
— sur les signes cliniques : essentiellement.
grosse amélioration de la diurèse et fonte des œdèmes qui ont été observées par tous les auteurs.
régularisation du rythme.
augmentation de la capacité fonctionnelle du cœur.
baisse de la tension artérielle et même chute du cholestérol sanguin.

Ces améliorations ont une traduction à l'E.C.G. De plus, la cure digitalique retrouve dans certains cas, son efficacité chez les cardiaques devenus antérieurement résistants.

Ces résultats semblent dûs à différents facteurs tenant à la composition même des jus de fruits qui leur confère de véritables propriétés pharmacodynamiques. Les risques de surcharge hydrique par utilisation de 750 à 800 ml de jus de fruits par jour sont nuls. Au contraire, l'effet diurétique est souligné unanimement. Les heureux effets semblent dûs :

1° à la teneur en vitamines C et P et à leur action sur les capillaires ;

2° au rapport Na/K des jus de fruits extrêmement favorable à l'élimination de l'eau et à la fonte des œdèmes ;

3° au caractère hypocalorique et hypoprotidique du régime à base de jus de fruits.

4° à la teneur en lévulose des jus de fruits — le lévulose jouant le rôle d'un véritable aliment d'épargne pour le cœur et possédant, pour certains auteurs, une action proche de celle de la strophantine, potentialisant ainsi les digitaliques.

Ces auteurs sont convaincus de la supériorité du régime « jus de fruits » sur le régime lacto-végétarien trop riche en calories et en sodium, et comparent l'action des jus de fruits à celle des diurétiques mercuriels avec, pour les jus de fruits, l'avantage d'être plus physiologiques.

Ce que nous savons de la composition du jus de pomme nous laisse penser que parmi les jus de fruits à recommander aux cardiaques, ce dernier peut jouer un rôle des plus importants, vu sa richesse en tanin et en composés à action vitaminique P, son rapport Na/K spécialement favorable et sa richesse en lévulose.

5. **Chez le diabétique.**

La question de l'emploi du jus de pomme chez le diabétique est controversée.

Jusqu'à présent c'est essentiellement le rôle éventuel d'une alimentation riche en fructose qui est l'objet de discussion.

D'un côté, en effet, d'un point de vue théorique, la physiologie apprend que, ainsi que le rappelle Duncan dont l'autorité ne saurait être contestée, le fructose est intégralement transformé en glucose par l'organisme, au moment de la traversée intestinale d'une part, par le foie d'autre part,

Il est donc, dans ces conditions, difficile d'admettre que, par ingestion, le fructose puisse avoir une autre destinée que le glucose et on serait donc ainsi amené à rejeter l'emploi des solutions fructosées (donc du jus de pomme) chez le diabétique.

D'autre part, du point de vue pratique, de nombreux auteurs préconisent le fructose chez le diabétique et en ont obtenu de bons résultats (Barta et Gathy, Darragh, Duran Quevedo, Klinger Rieger, etc.).

Plancherel rappelle que le métabolisme du fructose est indépendant de l'insuline grâce à l'existence d'une A.T.P.-fructokinase spéciale.

D'après cet auteur, cliniquement, chez des diabétiques, une surcharge allant jusqu'à 100 g de fructose par jour en plus de la ration glucidique d'équilibre, n'a aucune influence pratique sur la glycémie et la glucosurie.

Dans plusieurs cas, la tolérance au glucose aurait été augmentée et les doses d'insuline auraient pu être réduites.

Mehnert et ses collaborateurs ont repris récemment cette étude et concluent que le diabétique pouvait tolérer sans modification de son métabolisme glucidique des doses allant jusqu'à 80 g par jour de fructose, administré par voie orale.

Devant ces contradictions, il est difficile de formuler une opinion catégorique.

Les travaux personnels que nous avons effectués, pour tenter d'apporter quelque lumière, établissent que, *dans nos conditions d'expérience*, une différence existe entre l'influence métabolique du concentré de jus de pomme dilué et celle de la solution fructose-saccharose que nous avons expérimentée.

Or, certaines de nos expériences font penser que cette différence est à mettre sur le compte de la présence d'acide malique dans le jus de pomme.

Ce résultat ne peut évidemment conduire à lui seul à recommander le jus de pomme chez le diabétique.

Nous nous bornerons ici à poser la question et à soulever l'hypothèse des éventuelles possibilités thérapeutiques de l'acide malique chez le diabétique, car de nombreuses autres expériences et essais cliniques seraient nécessaires pour conclure définitivement.

Nous souhaiterions seulement que l'attention des chercheurs ait été alertée par notre modeste contribution à cet important problème qui débouche sur de séduisantes perspectives.

CONCLUSION

Notre étude du jus de pomme et de son concentré, confirmée et complétée par nos travaux personnels portant sur des examens physico-chimiques, microbiologiques et biologiques, nous a fait dégager les qualités hygiéniques des produits commerciaux et préciser leur valeur en diététique.

Etude physico-chimique.

De très nombreux travaux sur les propriétés physiques et chimiques du jus de pomme permettent de définir une « composition moyenne » valable, bien qu'approximative.

Nous avons précisé les points suivants :

— Vérification analytique d'une méthode de détermination de l'extrait sec des jus sur bande de papier filtre ; les résultats obtenus sur un jus brut préparé extemporanément et sur deux jus du commerce, confirment les chiffres d'extrait sec indiqués dans la littérature.

— Vérification de l'hypertonicité des jus.

Pour obtenir un point cryoscopique voisin de celui du plasma sanguin, il faut diluer à moitié les jus naturels : les points cryoscopiques de deux jus et de deux concentrés dilués au 1/5 sont — après dilution au demi — compris entre -0,56° et -0,46°.

— L'étude originale du pouvoir tampon de deux jus de pomme et de deux concentrés du commerce par mesure du pH sous les effets respectivement de la dilution et de la neutralisation, montre que le jus de pomme possède un pouvoir tampon faible, comparable à celui d'une solution d'acide acétique-acétate de sodium.

Nous proposons un protocole de contrôle physico-chimique du jus de pomme, venant en complément des essais prévus par la législation ou recommandés par la norme de l'AFNOR.

Etude microbiologique.

Dans un jus brut préparé extemporanément au Laboratoire, nous avons identifié les micro-organismes suivants :

Mucor assimilable à *M. mucedo ;*

Aspergillus assimilable à *A. nidulans ;*

Penicillium assimilable à *P. glabrum ;*

Levures diverses présentant les caractères des *Saccharomyces ;*

Acetobacters nombreux ;

Lactobacillus assimilable à *L. plantarum.*

Ces micro-organismes ont déjà été signalés dans divers jus de pomme par des auteurs anglo-saxons.

Nous avons insisté sur les difficultés et sur les risques d'erreurs rencontrés lors du dénombrement, de l'isolement et de la détermination des espèces microbiennes des jus et des concentrés.

Estimant capital l'examen microbiologique des produits commerciaux, nous avons vérifié l'efficacité réelle des pasteurisations industrielles sur quatre jus et deux concentrés du commerce. Pour cela, nous avons utilisé deux techniques : celle par prélèvement, puis repiquage et celle des membranes filtrantes. Cette dernière technique qui s'applique aussi aux analyses d'eau, nous est apparue plus commode.

Il faut filtrer, au travers d'une membrane, 100 ml de jus de pomme pasteurisé, pour trouver quelques colonies constituées essentiellement par des moisissures ou des levures.

L'inoculation de quatre germes-tests dans des milieux liquides à pH croissant constitués par des dilutions avec du bouillon nutritif ordinaire de quatre jus et d'un concentré du commerce a montré un pouvoir bactéricide lié à l'acidité du milieu.

Après 24 heures d'étuve à 37°, *Bacillus subtilis*, souche n° 2160 IPL et *Proteus vulgaris*, souche n° 298 IPL, sont détruits à pH $\leqslant$ 3,6 ; *Eberthella typhosa*, souche n° 489 IPL (Lysotype A. Biotype I) et *Escherichia coli*, souche n° 24 IPL, sont détruits à pH $<$ 4.

Nous proposons un protocole pratique de contrôle microbiologique du jus de pomme et de son concentré, venant en complément des essais prévus par la législation ou recommandés par la norme de l'AFNOR.

Etude biologique.

A notre connaissance, l'étude biologique des jus de fruits n'a fait l'objet que d'un nombre restreint de travaux.

Nous avons étudié les deux problèmes suivants :

1) *Influence d'un apport alimentaire équicalorique de concentré de jus de pomme dilué, ou de solution glucosée, ou de lait sur la croissance de jeunes rats mâles :*

L'influence globale du jus de pomme sur le métabolisme général peut s'apprécier par le test de la croissance du rat.

Quatre lots homogènes de dix jeunes rats mâles ont été constitués.

Le lot témoin a reçu un « régime de base » constitué par du blé seul donné *ad libitum* ; les trois autres lots reçoivent ce même régime de base, mais additionné d'une quantité équicalorique soit de concentré dilué, soit de solution glucosée, soit de lait entier.

Les meilleures courbes de croissance sont celles des rats qui ont reçu soit la dilution du concentré, soit le lait ; elles sont pratiquement confondues, d'où l'excellente valeur nutritive « biologique » du jus de pomme.

2) *Influence de l'ingestion à des lapins normaux et à des lapins diabétiques, de concentré dilué, de différentes solutions glucidiques équicaloriques et d'une solution d'acide d-l malique.*

Nous avons choisi le test d'hyperglycémie provoquée chez le lapin normal et chez le lapin rendu diabétique par l'alloxane.

Nous avons utilisé les solutions aqueuses suivantes : glucose-saccharose, fructose-saccharose, glucose-saccharose-acide d-l malique, acide d-l malique, concentré de jus de pomme.

Les solutions glucidiques et le concentré de jus de pomme dilué étaient isocaloriques en ce qui concerne leur teneur en glucides. La solution glucose-saccharose-acide d-l malique et la solution d'acide d-l malique possédaient une concentration en acide malique lévogyre équivalente à celle du concentré dilué en expérience. Elles furent utilisées après neutralisation à la soude.

112 tests d'hyperglycémie provoquée furent pratiqués mettant en œuvre plus de 1 100 glycémies dosées après prélèvement de 1/10 de ml de sang dans la veine marginale de l'oreille du lapin par la micro-méthode de King et Garner modifiée par Brun.

La technique d'alloxanisation du lapin de Bailey, Dunn, et Mac Letchie, nous a donné, au début, quelques déboires, mais grâce à l'injection en deux fois d'une dose d'alloxane légèrement plus élevée que celle indiquée par les auteurs, nous avons obtenu régulièrement des diabètes stables.

Nous préconisons 230 mg d'alloxane par kg d'animal, en deux fois à six heures d'intervalle, ce qui suffit largement pour la durée de l'expérience, le diabète obtenu persistant généralement 2 à 3 semaines.

Les résultats de l'ingestion au lapin des solutions nutritives d'égale valeur en calories glucidiques sont les suivants :

Avec la *solution glucose-saccharose*, les courbes d'hyperglycémie obtenues chez le lapin normal et chez le lapin diabétique, présentent l'allure générale qu'on leur connaît en clinique, respectivement chez l'homme normal et chez le diabétique.

La *solution fructose-saccharose* conduit chez le lapin normal à des résultats assez dispersés, liés vraisemblablement aux différences individuelles dans le mécanisme de transformation hépatique et intestinal du fructose en glucose. Chez le lapin diabétique, le mélange fructose-saccharose aboutit à l'obtention d'une courbe de type diabétique, mais dans laquelle le maximum de glycémie n'est atteint qu'après un décalage dans le temps assez notable par rapport au cas du mélange glucose-saccharose.

La *solution neutralisée de glucose-saccharose-acide d-l malique* ne conduit chez le lapin normal qu'à une élévation très discrète de la glycémie au départ, suivie d'une baisse rapide au-dessous de la glycémie de base. De même, chez le lapin diabétique, la solution neutralisée de glucose-saccharose-acide d-l malique fait baisser de façon très constante, la glycémie au-dessous du taux de départ.

Quant à la *solution neutralisée d'acide d-l malique*, elle ne provoque chez le lapin normal que des modifications insensibles de la glycémie. Par contre, chez le lapin diabétique, cette ingestion a le résultat paradoxal de faire, dans une première phase, monter la glycémie. Après un plateau de courte durée, la courbe descend assez nettement au-dessous du taux de départ et s'y maintient pendant les six heures correspondant à la période d'observation de nos animaux.

L'ingestion *d'une dilution de concentré de jus de pomme* équivalente en calories aux solutions glucidiques précédentes, ne perturbe pratiquement pas le métabolisme glucidique chez le lapin normal. Parallèlement, chez le lapin diabétique, la même ingestion réalise une hyperglycémie très modeste, de type normal et non pas de type diabétique comme le fait le mélange glucose-saccharose.

En résumé, notre étude montre l'influence biologique des constituants du jus de pomme sur le métabolisme glucidique, le rôle principal semblant appartenir à l'acide malique. On sait d'ailleurs que ce corps intervient dans le cycle de Krebs.

BIBLIOGRAPHIE

ALINDRET (E.). — *Mes Mémoires*, Imp. Mantaise, 1951.

ALQUIER (J.). — *Les Aliments de l'homme*, Revue de la Société d'Hygiène Alimentaire, 1 ; 1906.

ANDRÉ (Madeleine). — *Un élément de la lutte antialcoolique. Extension de la fabrication des jus de fruits. Enquête sur le jus de raisin*, Thèse Méd., Paris, 1951, R. Foulon, Editeur, 29, rue Deparcieux, Paris.

BAIER (C.-R.). — *Zur Verwendung von Membranfiltern in der Wasseranalyse*, Jahrb, vom Wasser XVII, 93 ; 1949.

BAILEY (C.-C.), BAILEY (O.-T.). — J. A. M. A. 122, 1165 ; 1943.

BARNET (J.-A.) and INGRAM (M.). — J. appl. Bact., 1955 ; 18, 131.

BARTA (L.) et GATHY (E.). — *Effects of glucose fructose and galactose tolerance on metabolism of diabetic children*, Ann. Paediat, 287-293, 5 ; 1955.

BEERENS (H.). — *Survie des bactéries anaérobies dans les jus de pommes et de raisins*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI ; septembre 1960, p. 151-166.

BEERENS (H.). — Ann. Inst. Pasteur, Lille, 1953-54 ; 6, 36.

BEERENS (H.). — *The microbiology of fish and meat curing brines*, H. Maj. Stat. Off., Londres, 1958 ; 235.

BEERENS (H.), MUCHEMBLE (G.) et PAPAVASSILIOU (J.). — Ann. Inst. Pasteur, Lille, 1956 ; 8, 150.

BERRY (J.-M.), FOLINAZZO (J.-F.), MURDOCK (D.-I.). — Food Techn. 8, 2, 70 ; 2-1954.

BICKEL (G.). — Schweizerische Med. Wchs., 1-2, 67-68 ; 1947.

BODIN (E.). — *Sur la conservation du bacille typhique dans le cidre*, Annales de l'Institut Pasteur, p. 458 ; 1898.

BODIN (E.), PAILHERET (F.). — *Action de la fermentation alcoolique sur le bacille typhique et sur le* Bacterium coli commune, C. R. Ac. des Sc., 2, 299 ; 1902.

BOMMER (S.). — *De la thérapeutique par le régime au traitement général de l'organisme dans les affections cutanées*, Münch. Med. Wochst. 100, 35, 1259-1264 ; 29-8-1958.

BONDOUY (Th.). — *Les fruits, leur pouvoir nutritif et leur valeur thérapeutique*, Baillière Paris, 1947.

BOUDIER (A.) et HI (L.). — *Machine pilote pour l'étude scientifique du lavage des récipients de faible capacité*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI ; septembre 1960, p. 133-138.

BOUDIER (A.), CARDEY (F.) et ROSSIAUD (M.). — *Nettoyage et désinfection des flacons destinés à recevoir des eaux minérales*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI, septembre 1960, p. 55-58.

BRUN (P.-J.). — Communications personnelles.

BURGER (M.) et KNOBLOCH (H.). — *Nourriture antiphlogistique*, Münchener medizinische Wochenschrift, 101, 8 (309) ; 20-2-1959.

BUTTIAUX (R.). — *La surveillance bactériologique des eaux minérales en bouteilles et en boîtes*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI ; septembre 1960, p. 23-38.

BUTTIAUX (R.). — *L'analyse bactériologique des eaux de consommation*, Flammarion, Paris, 1951.

BUTTIAUX (R.). — Ann. Inst. Pasteur, Lille, 1957 ; 9, 182.

BUTTIAUX (R.). — Rev. Hyg. et Méd. Soc. 1959 ; 7, 131.

BUTTIAUX (R.) et BOUDIER (A.). — *Comportement des bactéries autotrophes dans les eaux minérales conservées en récipients hermétiquement clos*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI ; septembre 1960, p. 43-54.

BUTTIAUX (R.) et MOSSEL (D. A. A.). — Ann. Inst. Pasteur, Lille, 1957 ; IX, 138.

BUTTIAUX (R.), MUCHEMBLE (G.) et LEURS (Th.). — *La colimétrie de l'eau sur membranes filtrantes*, Ann. Inst. Pasteur. Nr. 1704, Bd 84, 1010.

CALANDRON (A.). — Communications personnelles.

CALANDRON (A.), DUPUIS (G.). — *Les infiniment petits rencontrés dans les cidreries armoricaines*, Annales de l'Ecole Nationale d'Agriculture de Rennes, XIV, 125 ; 1950.

CALANDRON (A.), DUPUIS (G.), SAINCLIVIER (M.). — *Etude d'une Torula blanche à pigment rouge diffusant*, Bulletin de la Société Scientifique de Bretagne, 23, 49 ; 1948.

CALANDRON (A.), SAINCLIVIER (M.), DUPUIS (G.). — *Etude d'un* Debaryomyces, Annales de l'Ecole Nationale d'Agriculture de Rennes, XII, 139 ; 1948.

CASSAGNE (H.). — *Milieux de culture*, Ed. de la Tourelle, Saint-Mandé, Ed. 1961.

CAUSERET (J.). — *Valeur nutritive et thérapeutique de la pomme*, Bull. Soc. Scien. d'Hygiène Alimentaire « l'Alimentation et la Vie », 47, 1-2-3 ; 3-1959.

CHAFEI (Saleh). — *Les jus de fruits en France. Leur valeur alimentaire et leur valeur thérapeutique*, Thèse Pharmacie, Strasbourg 1946, Imp. Gale Jean de Bussac, Clermont-Ferrand.

CHAPMAN (G.-H.). — Amer J. Publ. Health., 1951 ; 41, 1381.

CHARLAME (R.). — *Les fruits et leurs jus*, Diététique et Collectivité, 3, 28-22 ; 1955.

CHARLEY (VLS). — *Soft drinks and fruit juices with comment on their nutritional value*, Chem. Industry, 1090-1097 ; 8-11-1952.

CHARLEY (VLS). — *Nutritive value of fruit juice*, IV Internationaler Fruchtsaft Kongress 229-243 ; 1956, Bayley W. Imp. Benel. Bonn.

COOPER (H.-C.). — *In place cleaning of milk storage tanks*, Dairy Industries Oct. 1959 ; 801-805.

COUTAUD (J.). — *Contribution à l'étude de la fécondation et de la fructification chez le Pommier*, Annales de l'Amélioration des plantes, 51 à 127 ; 1954.

CREFF (O.). — *Oxydations et réductions en cidrerie*, Annales de Technologie, 4, 461-500 ; 1957.

CSABA (K.) et NIKODEMUSZ (I.). — *Observations sur les* Bacillus *des jus de fruits et des boissons rafraîchissantes*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI, septembre 1960, p. 227-230.

CUTHBERT (E.-H.). — J. Med. Lab. Technol. 1956 ; 13, 374.

DALRYMPLE (D.-G.). — *Marketing of fresh apples juice and cider*, Department of Agricultural Economies and Farm Management - The Stores Agricultural Experiments Station and Agricultural Service of University of Connecticut - Stores Connecticut ; 11-1958.

DARRAGH (J.-H.) et Coll. — *Fructose in the treatment of diabetic ketosis*, J. Clin. Invest. 32, 12, 1214-21 ; 1953.

DOUGLAS (M.). — Lancet, 1930 ; 219, 789.

DUNCAN (G.-G.). — *Diseases of Metabolism*, Saunders W. B. Co. Ed., Philadelphie, Londres, 1959.

DUNN (J.-S.), Mc LETCHIE (NGB). — Lancet, 245-384 ; 1943.

DUPAIGNE (P.). — *L'Analyse des jus de fruits. Mises au point de chimie analytique pure et appliquée et d'analyse bromatologique, publiées sous la direction de Gautier (J.-A.)*. Masson & Cie, Editeurs, Paris, 1957.

DUPAIGNE (P.). — Jus de fruits, 9, 27 ; 1950.

DURAN QUEVEDO (T.). — *Le lévulose dans la thérapeutique du diabète*. Arzneïmittelforschung, 8, 7, 402 ; 7-1958.

EAGON (R.-G.) and GREEN (C.-R.). — Food Research, 1957 ; 22, 687.

EMMERIE (A.), VAN EELKELEN. — Biochemical Science, 28, 1153 ; 1934.

FALLENBERG (T.). — Mitt. Ges. Lebensmittelunt. und Hygiene, 32, 135 ; 1941.

FORGACS (J.). — Trans. Illinois, State Hort. Soc. 75, 239-416 ; 1941.

GABEZ (M.). — *Les jus de fruit. Leur intérêt en thérapeutique et en hygiène*, Thèse Médecine, Paris, 1948.

GACHOT (H.). — *Manuel des Jus de Fruits*, Heitz P.-H., Strasbourg, 1958.

GOLDBLITH S.A. (Ed.). — Proc. Int. Conf. on the Preservation of Foods by Ionizing Radiations ; 1959, Massachusetts.

GOLDFIEM (J. de). — *Boissons de table dans les internats et les cantines scolaires*, Revue de l'Econome, 260 ; 3-1957.

GROTE (L.-R.). — *Obstsäfte als Diät und Heilmittel. Die Obstsäftebehandlung des Kreislaufkranken*, Ernährung Umschau : 2, 5, 105 ; 10-1955. — 2, 6, 123-124 ; 12-1955.

GUILLAUME. — *Le problème des jus de fruits en France sous l'angle de la Pharmacie*, Pharmacie de France, 3-1958.

GUILLAUME (J.), BEERENS (H.) et OSTEUX (R.). — Ann. Inst. Pasteur, Lille, 1956 ; 8, 13.

HAHN (S.-S.) and APPLEMAN (M.-D.). — Food Technol., 1952 ; 6, 156.

HALE (J.-F.). — *Unpublished data on effects of benzoates on yeast growth in carbonated citrus beverages*, 1954 ; 7. Labo. of Royal Crown Cola Co Columbus, 1960.

HAMON (Henry). — *Valeur alimentaire et thérapeutique de la pomme, du jus de pomme et du cidre*. Thèse Médecine, Paris, 1939, Imprimerie Publicitaire de l'Orne, Domfront.

HELLINGER (E.). — *The spoilage of bottled grape-juice by* Monascus purpureus Went, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI, septembre 1960, p. 183-192.

HIRSCH (P.). — *Chemische Konservierung von Lebensmitteln*, SteinKopff Dresden, Leipzig, 1956 ; 63.

HOFFMAN (S.). — Mitt. Lebens. Hyg. Suisse, 43, 261-293 ; 1952.

INGRAM (M.). — *The chemistry and biology of yeasts*, Acad. Press New York, 1958 a ; 618 (In : Cook A.H. Ed.).

INGRAM (M.). — J. Appl. Bact. 1959 ; 22, 234.

INGRAM (M.). — *An influence of carbon source on the resistance of a yeast to benzoic acid.*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI, septembre 1960, p. 167-178.

INGRAM (M.). — *Fermentation tests to detect yeasts in fruit juices and similar products*,. Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI, septembre 1960, p. 203-208.

JACQUIN (J.). — *Le calcium et le magnésium dans les pommes et les poires et dans les produits cidricoles*, Annales de Technologie, 3, 229-257 ; 1958.

JACQUIN (J.) et TAVERNIER (J.). — *Sur la teneur des jus de fruits en méthanol*, L'Alimentation et la Vie, 43, 7-8-9 ; 1955.

JACQUIN (J.). — *Le fer et le cuivre dans les pommes et les poires et dans les produits cidricoles*, Annales de Technologie, 3, 259-302 ; 1958.

JACQUOT (R.), BIROLAUD (P.). — *Les levures alimentaires et leur intérêt nutritif*, Techniques Pharmaceutiques, 6 ; 1958.

JENSEN (M.). — *Experiments on the inhibition of some thermoresistant moulds in fruit juices*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI, septembre 1960, p. 179-182.

KAISER (B.). — Brauwelt, 97, 2021.

KLINGER (R.), DALLECOSTE (P.). — *Impiego del levulose nella dietetica e terapia del diabete mellito*, Minerva Medica, 46 (39), 1389-1392 ; 1955.

KORAB (H.-E.). — *Unpublished laboratory and field survey data on bottled carbonated beverages* ; 1942-60, Am. Bottlers Carb. Bvg., Washington, D. C. 1960.

KOSER (S.-A.) and SKINNER (W.-W.). — J. Bacteriol, 1922 ; 7, 111.

KREBS (H.-A.). — *Aspects biochimiques de l'accumulation des corps cétoniques*, Bulletin de la Société de Chimie Biologique, XLI, 12, 1573-1592 ; 12-1959.

KSON (W.-D.). — Am. Botany, 6, 637-44 ; 1942.

LASCH (F.), THEINL (K.). — *Klinische und experimentelle Untersuchungen über die Wirkung der Lävulose auf das gesunde und kranke Herz*, Wien. Klin. Wochenschrift, 67, 44, 858-861 ; 4-11-1955.

LASSABLIÈRE (P.), LESNÉ (E.), TANON (L.). — *Encyclopédie de l'alimentation*, Maloine, Paris, 1950 (2 vol.).

LAVOLLAY (J.). — *Les deux aspects de la valeur des jus de fruits du point de vue de la nutrition*, Jus de Fruits, 3, 9 ; 1949.

LAVOLLAY (J.), PATRON (A.). — *Les jus de fruits*, Setco Ed., Paris, 1948 (1 vol.).

LECOMTE (A.). — *Les jus de fruits, valeur diététique thérapeutique et sociale*, Imp. Emmanuel Vitte, Lyon, 1958.

LINDBERG (R.-B.). — *Observations on the relative sensitivity of enrichment broth and membrane filter techniques in the detection of coliform organisms in bottled carbonated beverages*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI, septembre 1960, p. 77-84.

LOTT (R.), FORGACS (J.). — Fruit Products Journal., 22, 255-9, 304 ; 1943.

LUTHI (H.) and HOCHSTRASSER (R.). — Schweiz. Z. Obst. u. Weinhau., 1952 ; 61, 301, 359.

MARSHALL (C.-R.). — *Oxydation in apple juice.*, J. Sci. Food Agricul., 314 ; 2-7-1951.

MARSHALL (C.-R.) et WALKEY (V.-T.). — *Articles concernant l'analyse microbiologique du jus de pomme*, in : Food Research, 7, 442-450 ; 1942. — 10, 227-237 ; 1945. — 13, 172-178 ; 1948. — 16, 448-456 ; 1951. — 16, 515-521 ; 1951.

MARSHALL (C.-R.) et WALKEY (V.-T.). — *Classification des microorganismes*, Food Research, 17, 204-211 et 307-314 ; 1952.

MARSHALL (C.-R.) et WALKEY (V.-T.). — *Localisation des microorganismes de la pomme*, Food Research, 17, 197-203 ; 1952.

MARSHALL (C.-R.) et WALKEY (V.-T.). — *Détermination de la flore de la pomme*, Food Research, 17, 123-131 ; 1952.

MEHNERT (H.), STUHLFAUTH (K.), MEHNERT (B.) et Coll. — *Über die Möglichkeit der Verabreichung hoher peroraler Gaben von Fruktose, Sorbit oder Fruktose-Sorbit Gemisch an Diabetiker*, Münchener medizinische Wochenschrift, 102, 6, 276 ; 5-2-1960.

MIALET (H.). — *Contribution à l'étude de la pomologie, La pomme et ses sucs : jus de pomme et cidre*, Thèse Pharmacie Strasbourg, Jouve & Cie, Editeurs, Paris.

MOCHINSKY (M.). — *Praktische Erfahrungen in der Behandlung von Herzkranken mit Obstkuren*, Deutsche med. Wochs. 65, 1565-1568 ; 1939.

MOISEEV (S.). — *Le régime de riz et des fruits chez les hypertendus*, Sovietskaya Meditzina 7, 25-29 ; 7-1958.

MORELLET (Jacques). — *La pomme en thérapeutique à travers les âges*, Thèse Pharmacie Nancy ; 1938-1939, Imprimerie Floch, Mayenne.

MOSSEL (D.A.A.), KRUGERS, DAGNEAUX (E.-L.). — Antonie van Leeuvenhœk, 1959 ; 25, 230.

MOSSEL (D.A.A.), DE BRUIN (A.-S.), VAN DIEPEN (H.M.J.), VENDRIG (C.M.A.) et ZOUTEWELLE (G.). — J. Appl. Bact. 1956 ; 19, 142.

MOSSEL (D.A.A.), DE BRUIN (A.-S.). — *The survival of* Enterobacteriaceae *in acid liquid foods stored at different temperatures*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI, septembre 1960, p. 65-72.

MOSSEL (D.A.A.), VISSER (M.). — *The estimation of small numbers of microorganisms in opalescent non-alcoholic drinks by applyng centrifugation*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI, septembre 1960, p. 193-202.

MOUTOUSSIS (C.), LEKA (D.) et PAPAVASSILIOU (J.). — *L'examen bactériologique des sodas*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI, septembre 1960, p. 73-76.

MOUTOUSSIS (C.), PAPAVASSILIOU (J.), SAMARAKI (C.). — *L'examen bactériologique des eaux minérales*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI, septembre 1960, p. 3-10.

MURDOCK (D.-I.) et FOLINAZZO (J.-F.). — Food Tech. 6, 5, 181 ; 5-1952.

NEUSSER (H.). — *Säfte und Säftekuren.* Flüssiges Obst., 21, 11, 24, ; 1954. — 21 12, 4-7 ; 12-1954.

NEVEU (R.). — *La composition des jus de fruits, leur valeur alimentaire et thérapeutique*, Chim. et Indust. 59, 2 bis, 68 ; 2-1948.

PAPADAKIS (J.-A.). — Ann. Inst. Pasteur, Lille, 1960 ; 11, 85.

PAPADAKIS (J.-A.). — *The bacteriological safety of soft drinks*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI, septembre 1960, p. 85-98.

PATRON (A.). — *Les phénomènes d'oxydation dans la production et la conservation des jus de fruits*, Société d'Edit. Techn. coloniales, 7, rue Saint-Dominique, Paris, 1953.

PAYNE (D.-B.) and PÉRIGO (J.-A.). — *Observations on the microbiology of carbonated solft drinks in cans.*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI, septembre 1960, p. 99-106.

PECKER (Mme J.). — *La ration alimentaire du grand malade. Calcul et établissement*, Presse Médicale, 66, 38, 853 ; 14-5-1958.

PFANNENSTIEL Pr. — *Proposition de normes microbiologiques pour les eaux minérales en récipients hermétiquement clos*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI, septembre 1960, p. 139-148.

PERLESTEIN (A.), WOLLEY (R.). — Am. Wine Liquor Journal, 7, 11, 27-28, 32-34 ; 1940. — 7, 12, 63-68 ; 1940.

PERRIN (P.) et MÉCHINAUD. — *L'alimentation des travailleurs*, L'Ouest Médical, 13, 3, 102 ; 10-2-1960.

PLANCHEREL (P.), MŒSCHLIN (S.). — *Über die Verträglichkeit der Fruktose bei Diabetes mellitus*, Schw. med. Wochsch. 84, 28-31 ; 9-1-1954.

PRÉVOT (A.-R.) et THOUVENOT (H.). — *Etude bactériologique de la pollution d'eaux minérales, de limonades et de matières premières entrant dans leur fabrication*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI, septembre 1960, p. 39-42.

PRICE-DAVIES (W.) and CHANDLER (B.-M.). — *New developments in in-place cleaning of equipment*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI, septembre 1960, p. 59-64.

RAIBLE (K.). — *Le soutirage à chaud, procédé technique nouveau de fabrication des boissons gazeuses stériles*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI, septembre 1960, p. 107-116.

RANDOIN (Lucie), CAUSERET (J.), LEGALLIC (P.). — *Tables de composition des aliments*, Lanore, Editeur, Paris.

REHM (H.-J.). — *A study of the action of mixtures of antimicrobial agents for the preservation of liquids*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI, septembre 1960, p. 217-226.

RICHET (Ch.), MARANON (P.). — *Alimentation, aliments et régimes*, Baillière Ed., Paris, 1953.

RIÉGER (P.), WONLMUTH (N.). — *Welche Obstsorten sind dem Diabetiker bekömmlich ?* Wien. Med. Wchs. 106 (41), 858-859 ; 13-10-1956.

ROCHAIX (A.) et JACQUESON (R.). — Revue Hyg. Med. Prev. 1938 ; 60, 241.

ROSE. — *Laboratory handbook for dietetics*, Mc Millan Co., N. Y. 1949.

ROVESTI (P.), CUPPINI (L.), POGGIOLO (A.). — *Préparation par ultrafiltration de jus de raisin utilisable en diététique et en cosmétologie*, Riv. Ital. Essence, 26, 7, 232-236 ; 8-1954.

ROVESTI (P.), MORINI (P.). — *Dentifrices rationnels modernes à base de pulpe de fruits*, Ind. Parf. 9, 8, 273-274 ; 8-1954.

SCHIEMANN (E.). — *Rationnelle Brauerei - Betriebskontrolle mit dem Membranfilter*, Brauwelt 95, 421 ; 1955.

SCHLEGEL (L.). — *Die Saftfastenkur*, Schw. med. Wochensch, 86, 91-93 ; 28-1-1956

SCHLEGEL (L.). — *Erfahrungen mit Säften in Kankenernährung*, IV[e] Internationaler FruchtsaftKongress 1956, Bayley W. Imp. Benel Bonn.

SCHOLZ (U.). — *Über die keimtotende Wirkung von Süssmosten*, Obst. und Gemüse Verwertungsindustrie, 30, 266-270 ; 1943.

SCHONHERR (W.). — *Nährkartonscheiben in Kombination mit Hitternetz - Membranfiltern als Hilfsmittel bei der hygienischen Milchüberwachung*, Zbl. f. Bakt. I. Orig. 171, 616 ; 1958.

SEELIGER (H.P.R.), WERNER (H.). — *Sur les qualités hygiéniques et bactériologiques actuelles des eaux thermales, des eaux minérales et des limonades en République Fédérale Allemande*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI, septembre 1960, p. 11-22.

SEGUIN (L.), PAILHERET (F.). — *Etudes sur le cidre.* — Edoneur éd. Rennes, 1900.

SHARF (J.-M.). — *Unpublished laboratory and field survey data on bottled carbonated beverages* ; 1931, 42, Am. Bottlers Carb. Bvg. Washington D. C. 1960.

SHARF (J.-M.). — *The evolution of microbiological standards for bottled carbonated beverages in U.S.*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI, septembre 1960, p. 117-132.

SIMONNET (H.). — *L'alimentation humaine*, Masson, Ed., Paris 1951.

SLANETZ (L.-W.) et BARTLEY (C.-H.). — J. Bact. 1957 ; 74, 591.

SMOCK (R.-M.), NEUBERT (A.-M.). — *Apples and apples products*, Interscience Publishing Inc. N. Y., 1950.

TANON (Pr.). — *Les conserves devant l'opinion médicale. Etudes médicales et techniques*, Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine 124e, 144, 5 et 6, 117, Masson & Cie, Ed.

TAVERNIER (J.). — *Jus de pomme et concentrés de jus de pomme*, L'Alimentation et la Vie, 47, 1-2-3, 18 ; 1959.

TAVERNIER (J.). — *La vitamine C dans les fruits à pépins*, Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabiles III/IV, 166-177, ; 25-9-1958.

TAVERNIER (J.) et JACQUIN (P.). — Annales de Technologie, 3, 229-302 ; 1958.

TAVERNIER (J.) et JACQUIN (P.). — Annales de la Nutrition et de l'Alimentation, IX, 5 et 6, ; 1955.

TAVERNIER (J.) et JACQUIN (P.). — Bull. de l'Association des Chimistes, p. III, 3-4 ; 1946.

TAVERNIER (J.) et JACQUIN (P.). — Annales de l'I. N. R. A., 1, 45-64 ; 1952. — 2, 113-136 ; 1953.

TAVERNIER (J.) et JACQUIN (P.). — *Qualité des pommes et des poires en fonction des variétés*, Annales de la Nutrition et de l'Alimentation, IX, 5 et 6 ; 1955.

TAVERNIER (J.) et LARVOL (M.) — Industries agricoles et alimentaires, 7-8 ; 1959.

THON (D.) and VOGGEL (K.). — *Eine verbesserte Membranfiltermethode zum Nachweis von Coli - Keimen in Milch*, Milchwiss. 13, 556 ; 1958.

TILLMANS (J.). — Z. Unters. Lebensmittel, 54, 33 ; 1927.

TRÉMOLIÈRES (J.), MOSSE (A.), DELBÈS (L.). — *Diététique thérapeutique*, Doin, Ed., 1958.

TRÉMOLIÈRES (J.), SERVILLE (Y.), JACQUOT (R.). — *Manuel élémentaire d'alimentation humaine*, Editions Sociales, Ed., 1954.

TRESSLER et JOSLYN (M.-A.). — *The chemistry and technology of fruit and vegetable juice production*, The Avi Publishing Company Inc., N. Y. 1954.

VAS (K.), FARKAS (J.). — *Application of some combined treatment to inhibit micro-organisms in fruit juices*, Ann. Inst. Pasteur, Lille, vol. XI, septembre 1960, p. 209-216.

VINIT (F.), TRÉMOLIÈRES (J.). — *Table abrégée de composition des aliments*, Bulletin de l'I. N. H., 9, 1, 108-118 ; 1-3-1954.

WENDLAND (G.), Arch. der Pharmazie, 286-158 ; 1953.

WERNER (H.). — *Über den gegenwartigen bakteriologisch-hygienischen Zustand der Heilwasser, Mineralwasser und Limonaden in der Bundesrepublik*, Thèse, Bonn, 1960.

WILSON (W.), BLAIR (E.) et MAUD (M.), — J. Path. Bact. 1924 ; 27, 119.

WITTER (L.-D.), BERRY (J.-M.) et FOLINAZZO (J.-F.). — Food Research 1958 ; 23, 133.

WOLFORD (E.-R.). — *A direct microscopic method modified for estimation of micro-organisms in California frozen citrus concentrate*, A. I. C. 1953 nº 365, Agr. Research Service US Dept. of Agriculture - Washington D. C.

N. ... — *Rapport du* XI^e *Congrès International des Producteurs de Jus de Fruits*, 1 ; 4-5-1950, Zürich, Kalt E. et Zehnder Impr. Zoug Suisse.

N. ... — Industries Agri. Alim., 68, 5-6, 277-278 ; 5-6-1951.

N. ... — *Statut légal des jus de raisin, de pomme, de fruits et de légumes*, Féd. Française des Stations Uvales, 16, rue Chaussée-d'Antin, Paris, Ed. 1954.

N. ... — *La consommation des boissons en France*, C. R. E. D. O. C., Ed. Paris, 1959.

N. ... — *International standards for drinking water*, World Health Organisation, Genève, 1958.

N. ... — *Recommanded methods for the microbiological examination of foods*, Am. Pub. Health Ass. New York, 1958.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION..... 19

Note concernant les jus ou concentrés expérimentés..... 25

NORMALISATION ET TERMINOLOGIE DU JUS ET DU CONCENTRÉ DE JUS DE POMME..... 27

I. — DÉFINITIONS DU JUS ET DU CONCENTRÉ DE JUS DE POMME..... 29

1. Définition pratique..... 29
2. Définition technique..... 30
   A) Le jus brut..... 30
   B) Les dérivés du jus brut..... 30
   C) Essai de codification..... 30
      Jus brut de fruits..... 30
      Jus mère..... 31
      Jus de fruits..... 31
      Concentrés de jus de fruits..... 31
3. Définition légale française..... 31
   A) Définition..... 31
   B) Opérations licites..... 32
   C) Opérations illicites..... 34
   D) Cas des mélanges de fruits..... 35
   E) Cas des concentrés..... 35
   F) Remarques..... 36

II. — NORMALISATION DES JUS ET CONCENTRÉS.. 38

1. La Norme « Jus de pomme »..... 38
2. La Norme « Concentré de Jus de pomme »..... 39

III. — TERMINOLOGIE ADOPTÉE AU COURS DE NOTRE TRAVAIL 41
1. Jus 41
Jus brut 41
Jus mère 41
Jus de pomme 41
2. Concentrés 41

ÉTUDE DE LA POMME 43

I. — RAPPEL BOTANIQUE 45
1. La fleur 45
2. Le fruit 46
A) Croissance 46
B) Anatomie de la pomme mûre 46
Epiderme 46
Parenchyme 47
Cœur 47

II. — BIOCHIMIE DE LA MATURATION 47
1. Teneur en eau 47
2. Transformation de l'amidon en glucides 47
3. Transformation des protopectines en pectines 48
4. Evolution des pigments et de la vitamine C 49

III. — CHOIX DES POMMES A JUS 49
1. Exigences du consommateur français 50
2. Variétés recommandées en France 50
3. Qualité des pommes à jus 52
A) Etat des pommes 52
B) Degré de maturité 52
C) Précautions au cours du stockage 54

FABRICATION DU JUS DE POMME ET DE SON CONCENTRÉ 55

I. — APERÇU GÉNÉRAL DES TECHNIQUES DE FABRICATION 58
1. Schéma fabrication d'un jus trouble 58

2. Schéma fabrication d'un jus limpide..... 59
3. Schéma fabrication d'un concentré de jus de pomme. 61
4. Lutte contre les altérations dues aux métaux..... 62

II. — OPÉRATIONS PRINCIPALES DE LA FABRICATION DU JUS DE POMME ET DE SON CONCENTRÉ..... 64

1. Stockage des pommes à l'usine..... 64
2. Tri des pommes..... 65
3. Lavage des fruits..... 65
4. Râpage ou broyage des pommes..... 66
5. Extraction du jus brut (pressurage)..... 66
6. Tamisage..... 67
7. Centrifugation..... 67
8. Stockage du jus mère..... 68
A) Conservation par addition d'anhydride sulfureux.. 69
B) Conservation par le procédé Böhi..... 70
C) Conservation par pasteurisation..... 72
9. Dépectinisation..... 76
10. Collage..... 77
11. Filtration..... 78
12. Concentration du jus de pomme..... 78
13. Conditionnement du jus de pomme ou de son concentré 80
A) Récipients servant au conditionnement..... 80
Bouteille de verre..... 80
Boîte métallique..... 80
B) Techniques de conditionnement 81
a) Remplissage à froid..... 82
b) Remplissage à chaud immédiatement après pasteurisation du jus en vrac..... 83
c) Remplissage stérile après filtration stérilisante du jus..... 84
C) Stockage après conditionnement..... 85

III. — PROBLÈMES ANNEXES DE LA FABRICATION DU JUS DE POMME ET DE SON CONCENTRÉ... 85

1. Lutte contre l'oxydation : la désaération..... 85
2. Emploi d'antioxygène : addition au jus d'acide ascorbique..... 86

3. Brunissement des concentrés..... 87
4. Récupération et réincorporation des arômes..... 87
5. Gazéification du jus de pomme..... 88

COMPOSITION DU JUS DE POMME ET DE SON CONCENTRÉ..... 91

I. — ÉTUDE ANALYTIQUE..... 93

1. Caractères physicochimiques..... 93
A) Caractères physicochimiques généraux..... 93
B) Pression osmotique..... 95
C) Pouvoir tampon..... 96
a) Evolution du pH sous l'effet de la dilution ... 96
b) Evolution du pH sous l'effet de la neutralisation 98
2. Composition minérale..... 98
3. Composés organiques..... 100
A) Substances alimentaires..... 100
Sorbitol..... 101
Matières pectiques..... 102
Protides..... 102
Lipides..... 102
B) Substances à action vitaminique et biocatalysatrice.. 102
C) Corps aromatiques et divers..... 104
a) Acides..... 104
b) Produits à fonctions organiques diverses..... 104
4. Note : Références des sources ayant servi à l'établissement des différents tableaux de résultats..... 105

II. — ÉTUDE DES FACTEURS INFLUANT SUR LA COMPOSITION..... 106

1. Influence de la matière première..... 106
2. Influence du degré de maturité..... 112
3. Influence du type de jus..... 112
4. Evolution du jus pendant la conservation..... 115

III. — ESSAI D'INTERPRÉTATION..... 117

Composition moyenne d'un jus de pomme français 118

MICROBIOLOGIE..... 119

I. — ÉTUDE GÉNÉRALE DE LA FLORE DU JUS DE POMME..... 121

1. Origine de la flore du jus de pomme..... 121

A) Flore de la pomme..... 121

a) Flore endogène..... 122

b) Flore exogène..... 122

Levures..... 122

Moisissures..... 122

Bactéries..... 122

B) Micro-organismes apportés par les manipulations et par les divers matériels..... 123

a) Le lavage des fruits..... 123

b) Les récipients et les différents matériels..... 124

2. Techniques de l'analyse microbiologique du jus de pomme..... 125

A) Examen du jus de pomme et des eaux de rinçage 125

a) Numération des germes totaux..... 125

Milieu de R. Buttiaux..... 125

b) Recherche des germes test de contamination fécale..... 126

— Recherche des coliformes..... 126

Milieu « *Lactose Broth* »..... 126

Milieu T T C..... 127

— Recherche des streptocoques fécaux..... 128

Milieu de Rothe..... 128

— Recherche des *Salmonella* et *Shigella*..... 128

— Recherche de *Clostridium perfringens*..... 128

c) Recherche d'autres germes secondaires..... 129

Staphylocoques..... 129

Bacillus..... 129

Lactobacillus..... 129

d) Isolement des levures..... 129

Milieu au malt..... 129

e) Isolement des moisissures..... 130

Milieu de Czapeck..... 130

f) Technique des membranes filtrantes..... 130

B) Contrôle bactériologique des bouteilles vides, capsules, matériel 131
a) Technique de la bouteille roulée 131
b) Technique du rinçage 132
3. La flore des jus bruts 132
A) Les Mucorales 132
B) Le groupe des *Aspergillus* 133
C) Le groupe des *Penicillium* 134
D) Le groupe des Hyphomycètes 135
E) Le groupe des Blastomycètes 135
a) Ascomycètes 135
b) *Fungi imperfecti* 135
F) Le groupe des Schizomycètes 135
a) Les *Acetobacters* 135
b) Les Bacilles lactiques 136
c) Bactéries diverses 136

II. — LA LUTTE CONTRE LA FLORE SPONTANÉE OU D'APPORT DU JUS DE POMME 136

1. Quelques procédés chimiques et physiques 137
2. La pasteurisation 138
3. Nettoyage des bouteilles et stérilisation des capsules ... 138
4. Nettoyage du matériel et de l'installation 139
5. Pouvoir antibactérien du jus de pomme 140
a) Travaux français 140
b) Travaux américains 140
c) Travaux allemands 141

III. — ÉTUDE EXPÉRIMENTALE 142

1. Flore du jus de pomme brut 142
A) Numération 142
B) Examen bactériologique 143
2. Efficacité de la pasteurisation 143
A) Technique par prélèvement et repiquage 144
B) Technique par filtration 144
C) Discussion et norme de qualité bactériologique .. 147
3. Pouvoir bactériostatique du jus de pomme 148

CONTROLES PRATIQUES DE LA QUALITÉ DU JUS DE POMME ET DE SON CONCENTRÉ 153

I. — EXAMEN ORGANOLEPTIQUE 155

II. — ANALYSES PHYSIQUES ET CHIMIQUES 155

1. Vue d'ensemble 155
   A) Analyses obligatoires 155
   B) Analyses recommandées par la Norme 156
   C) Analyses souhaitables 157
2. Techniques 157
   A) Anhydride sulfureux 157
   B) Alcool 158
   C) Densité 159
   D) Acidité de titration 160
   E) Extrait sec 161
   F) Mesure du pH 162
   G) Sucres 162
      a) Sucres réducteurs 162
      b) Sucres totaux 163
      c) Appréciation approximative de la richesse du jus de pomme en sucres 163

III. — CONTROLES BACTÉRIOLOGIQUES 165

1. Contrôle obligatoire 165
2. Contrôle recommandé 165
3. Contrôles souhaitables 166

ÉTUDE BIOLOGIQUE 167

Définition des produits soumis aux expérimentations ... 169

I. — TEST DE LA CROISSANCE DU RAT 170

1. Vue d'ensemble de l'expérimentation 170
2. Régimes des animaux 171
3. Résultats expérimentaux 173

II. — TEST D'HYPERGLYCÉMIE PROVOQUÉE DU LAPIN 175

1. Vue d'ensemble de l'expérimentation 175

2. Animaux utilisés..... 176
3. Alloxanisation du lapin..... 177
4. Dosage de la glycémie..... 178
5. Produits expérimentés..... 179
A) Concentré dilué..... 179
B) Solution glucose-saccharose..... 180
C) Solution fructose-saccharose..... 180
D) Solution neutralisée glucose-saccharose-acide malique..... 181
E) Solution neutralisée d'acide malique..... 182
6. Résultats expérimentaux..... 183
7. Présentation des résultats sous forme comparable 194
A) Définition d'une base de comparaison commune.. 194
B) Définition des coefficients de réduction..... 194
C) Calcul du coefficient de réduction..... 194
D) Définition de la glycémie réduite..... 195
E) Tableaux des glycémies réduites..... 195
8. Etude des courbes évolutives des glycémies réduites moyennes..... 206
A) Solution glucose-saccharose..... 206
a) Chez le lapin normal..... 206
b) Chez le lapin diabétique..... 206
B) Concentré dilué..... 208
a) Chez le lapin normal..... 208
b) Chez le lapin diabétique..... 208
C) Solution fructose-saccharose..... 210
a) Chez le lapin normal..... 210
b) Chez le lapin diabétique..... 210
D) Solution neutralisée glucose-saccharose-acide malique..... 212
a) Chez le lapin normal..... 212
b) Chez le lapin diabétique..... 212
E) Solution neutralisée d'acide malique..... 212
a) Chez le lapin normal..... 212
b) Chez le lapin diabétique..... 214
9. Comparaison des courbes évolutives des glycémies réduites moyennes obtenues avec le concentré dilué et avec la solution glucose-saccharose 214

10. Influence de la nature du supplément ingéré..... 216
A) Influence de la qualité des sucres..... 216
B) Influence de l'ion malique..... 217
11. Discussion..... 218

PLACE EN DIÉTÉTIQUE..... 219

I. — UTILISATION DU JUS DE POMME EN DIÉTÉTÉTIQUE COURANTE..... 221

Besoins nutritionnels de l'adulte..... 221
1. Utilisation chez l'enfant d'âge scolaire..... 223
A) Comme aliment de complément..... 223
B) Comme boisson habituelle..... 224
2. Utilisation chez la femme enceinte..... 224
3. Utilisation chez les sujets soumis à des efforts physiques 224

II. — UTILISATION EN DIÉTÉTIQUE THÉRAPEUTIQUE..... 226
1. Dermatoses..... 226
2. Régimes liquides..... 226
3. Obésité..... 227
4. Cardiologie..... 228
5. Chez le diabétique..... 229

CONCLUSION..... 231

BIBLIOGRAPHIE DES TRAVAUX CONSULTÉS..... 237